Aus dem Medizinischen Strahleninstitut der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. med. W. Frommhold

Experimentelle und klinische Untersuchungen zur Frage der Verwendbarkeit von Jod-125-RISA zum Gamma-Enzephalogramm

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Ali Emamzadeh
Ahwaz / Iran

1970

Aus dem Medizinischen Strahleninstitut der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. med. W. Frommhold

Experimentelle und klinische Untersuchungen zur Frage der Verwendbarkeit von Jod-125-RISA zum Gamma-Enzephalogramm

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Ali Emamzadeh
Ahwaz / Iran

1970

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Prof. Dr. med. J. Hirschmann
1. Berichterstatter: Prof. Dr. med. U. Feine
2. Berichterstatter: Prof. Dr. med. W. Frommhold

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung und Fragestellung 1

II. Methode des GEG 1

A. Pathophysiologische Grundlage Fluoreszin, RISA, Anwendung, Hirnblutgewebsschranke, Anreicherung in Metaplasien und bei gestörter Hirngewebsblutschranke 1

B. Radiopharmakologie 3

C. Technik 8

D. Klinische Anwendung des Gamma-Encephalogramms 11

III. Experimentelle Untersuchungen 13

1. Prozentuale Tiefendosiskurve in H_2O von Jod-125 und Jod-131 ohne Umgebungsaktivität 16

2. Tiefendosiskurve mit Jod-125 im Tumor mit Umgebungsaktivität
ohne Knochen 25
mit Knochen bzw. Aluminium 38

3. Das gleiche mit Jod-131 (aber ohne Knochen) 40

4. Messungen am Schädelphantom mit Tabellen und Schädelschema 42

IV. Besprechung der Meßergebnisse 50

V. Klinischer Teil mit Untersuchungen 55

A. Patienten mit histologisch gesichertem Tumor 55

B. Patienten mit klinisch gesichertem Tumor 57

C. Patienten mit nicht gesichertem Tumorbefund jeweils mit Ergebnissen 62

D. Besprechung der klinischen Ergebnisse 64

VI. Zusammenfassung der experimentellen und klinischen Ergebnisse mit Schlußfolgerung 66

VII. Literaturverzeichnis 67

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543901_0083

Experimentelle und klinische Untersuchungen zur Frage der Verwendbarkeit von Jod-125-RISA zum Gamma-Encephalogramm

I. Einleitung und Fragestellung

Die Gamma-Encephalographie ist eine Methode der Hirntumordiagnostik mittels Verwendung der Gamma-Strahlen einer Radio-Jod-markierten Substanz, die sich im Hirntumor gegenüber dem vormalen Hirngewebe anreichert. Der Wert der Gamma-Encephalographie (GEG) mit Jod-131-Humanalbumin nach Planiol wurde von verschiedener Seite (Planiol, Wende) aufgezeigt, so daß diese Untersuchung zur Hirntumordiagnostik in verschiedenen Kliniken routinemäßig eingesetzt wird.

Das von Myers 1960 in die Nuklearmedizin eingeführte Jodisotop Jod-125 wurde bisher unseres Wissens nicht für die Markierung des Serumalbumins zur GEG verwendet, da nach theoretischen Überlegungen seine Strahlung zu weich sein soll, um eine gute Lokalisation der Herde von der Schädeloberfläche zu erhalten. Auf Grund der guten Erfahrungen bei dem Isotopen-Nephrogramm mit Jod-125, die an der nuclearmedizinischen Abteilung des Strahleninstituts der Universität Tübingen gewonnen wurde, sollte durch experimentelle und klinische Untersuchungen mit Messungen am Schädelphantom festgestellt werden, ob die großen Vorteile des Jod-125 auch für das GEG zu nutzen sind.

II. Methodik des GEG

A. Pathophysiologische Grundlagen - Geschichtlicher Rückblick

Zum ersten Mal wurde im Jahre 1948 von MOORE und seinen Mitarbeitern der Farbstoff FLUORESZIN zur Hirntumordiagno-

stik verwendet. Die hohe und konstante Affinität des Fluoreszin und die Möglichkeit diese Farblösung mit Jod-131 zu markieren und als Di-Jod (Jod-131) Fluoreszin herzustellen, war bereits durch DANKWORTH bekannt geworden. Durch verschiedene Untersuchungen wurden MOORE und seine Mitarbeitern jedoch klar, daß das Di-Jod-Fluoreszin sehr rasch aus dem Tumorgewebe verschwindet. Demzufolge gingen MOORE und Mitarbeiter im Jahre 1951 auf Jod-131-Serum-Albumin über, da mit dieser Substanz Vergleichsmessungen über den verschiedenen Hirnpartien bis zwei Tage nach der Injektion möglich sind.

Die autoradiographischen Untersuchungen von MUNDINGER an Hirntumoren haben Unterschiede in der Verteilung der verschiedenen Radionukleide und markierten Verbindungen gezeigt. Danach sollen z.B. Bi-206, Cu-64 und Hg-203-Neohydrin als Indikatoren des gesamten extra- und intracellulären Raumes der Hirngeschwülste für eine zelluläre Artdiagnose geeignet sein (MUNDINGER und GERHARD 1963). Dagegen wurden As-74, Jod-131-RISA, die nur oder vorwiegend in den extracellulären Raum des Tumors eindringen, Rückschlüsse auf das Ausmaß der kapillären Permeabilitätsstörung im Tumor und der Gefäße seines extracellulären Interstitium zulassen. Diese zelluläre Artdiagnose kann jener gegenübergestellt werden, die aus dem Speicherungsverlauf der Radioaktivität im untersuchten Hirnprozeß Auskunft über die Pathogenese zu geben versucht. Erforderlich ist hierzu eine lange im Körper verweilende radioaktive Substanz mit ausreichend langer physikalischer HWZ, z.B. Jod-131-RISA. Die Hirnblutgewebsschranke spielt eine große Rolle in der Entstehung eines GEG. Da im Hirn keine Lymphbahnen vorhanden sind, wird angenommen, daß eine funktionelle Schranke zwischen dem Blut und Hirngewebe vorhanden ist, was experimentell von GOLDMANN 1913 bereits bewiesen wurde. Diese Schranke verhindert, daß mehr als 1% der injizierten Substanz im normalen Gewebe angereichert wird.

Bei Änderung in der Gewebsstruktur, wie bei Metaplasie Entzündung, degenerative Hirnprozesse und Blutungen kommt es zu einer Störung dieser Schranke mit einer Erhöhung ihrer Permeabilität. Dadurch wird mehr als 1% der injizierten Substanz - in unserem Fall markiertes Serum-Albumin - im kranken Gewebe gespeichert.

So kommt es zu einer Aktivitätsdifferenz zwischen dem normalen Hirngewebe und dem kranken. Diese Differenz kann in Prozenten der Grundaktivität ausgerechnet und verwertet werden.

B. Radiopharmakologie

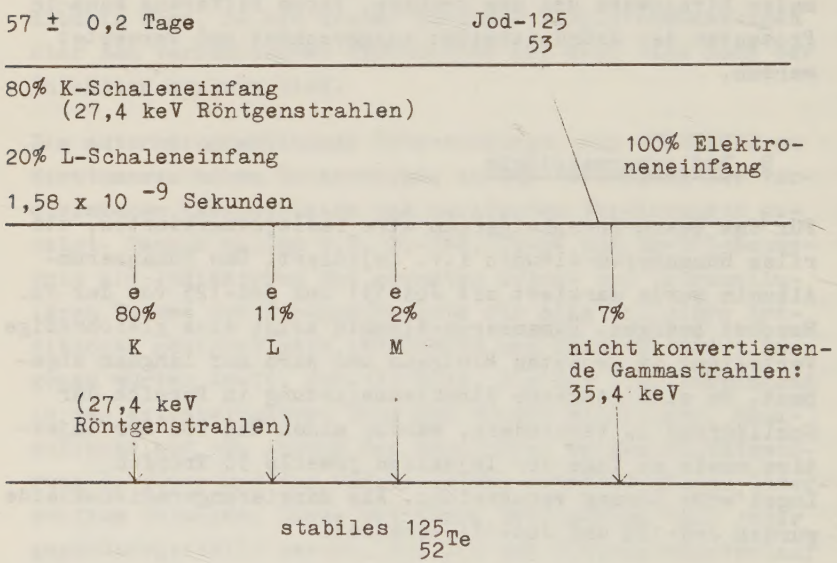
Für das Gamma-Encephalogramm wird radiojodmarkiertes, steriles Humanserum-Albumin i.v. injiziert. Das Humanserum-Albumin wurde markiert mit Jod-131 und Jod-125 von der Fa. Hoechst bezogen. Humanserum-Albumin zeigt eine gleichmäßige Verteilung im gesamten Blutraum und wird nur langsam abgebaut. Um eine stärkere Strahlenbelastung im Bereich der Schilddrüse zu verhindern, werden einen Tag vor der Injektion sowie am Tage der Injektion jeweils 30 Tropfen Lugol'sche Lösung verabreicht. Als Markierungsradionukleide wurden Jod-125 und Jod-131 verwandt.

Jod 125

Zum ersten Mal beschrieben REID und KESTON im Jahre 1946 ein langlebiges Isotop, welches sie durch Beschuß von Tellur mit Deutronen gewannen. Einige Monate später gelang die Trennung von Jod-129 und die Einordnung in die Nukleidkarte als Jod-125. MYERS und VANDERLEEDEN veröffentlichten 1960 in einer umfassenden Arbeit die physiaklischen Werte und gaben die Hinweise für seine Bedeutung in der medizinischen Diagnostik.

Jod-125 wurde zum ersten Mal durch Beschuß von Tellur 125 mit Patronen im Cyclotron hergestellt. Ferner kann das Jod-125 in einer (d, n) Reaktion mit Tellur 124 gewonnen werden. Als drittes Verfahren wird der Beschuß von Antimon 123 mit ^{4}He-Ionen (α 2n Reaktion) angegeben.

Das Zerfallsschema von Jod-125



Jod-125 zerfällt mit einer Halbwertzeit von 57,4± 0,2 Tagen zu stabilem Tellur 125 unter Abgabe einer Röntgenstrahlung, die durch K-Elektroneneinfang hervorgerufen wird, mit einer Energie von 27,4 keV und unter Abgabe einer Gammastrahlung mit einer Energie von 35,4 keV und eines kleinen Anteils Konversions- und Augerelektronen, die jedoch größtenteils bereits im Kern absorbiert werden und die Reichweite von nur wenigen " haben. Abgesehen von dem Elektroneneinfang der L- und M-Schale (11 bzw. 2% des Elektroneneinfangs), welcher bei einem Element mit einer Ordnungszahl über 35 zur Betastrahlung gezählt wird, gibt Jod-125 keine Beta-

strahlung ab. Es besitzt daher einen hohen "photon merit ratio" (Zahl der gemessenen Impulse dividiert durch die Zahl der Zerfälle). Die Anzahl der bei 100 Zerfällen meßbaren Impulse ist bei Jod-125 höher und beträgt 136 gegenüber 81 bei Jod-131 (MYERS und VANDERLEEDEN). Bei einer Gammastrahlung von 35,4 keV reagiert das Gammaquant fast ausschließlich durch photoelektrische Absorption, dabei wird im Gegensatz zu noch kleineren Energien die Vorwärtsrichtung bevorzugt, was bei Nachweis mit Zählrohren von größter Bedeutung ist. Auch fehlt die Streustrahlung des Compton-Effektes, der bei Jod-131 ausschließlich auftritt, bei Jod-125 nahezu völlig.

Die Halbwertschicht beträgt für Jod-125 bei folgenden Elementen:

H_2O : 16,5 mm,
Al : 1,77 mm,
NaJ : 0,19 mm,
Pb : 0,01 mm.

Durch seine geradezu idealen physikalischen Eigenschaften, besonders die lange HWZ, die geringe Strahlungsenergie, keine Streustrahlung, mehr Impulse auf 100 Zerfälle und daher leichterer Nachweis, scheint Jod-125 die anderen Jodisotope, besonders Jod-131 in der medizinischen Diagnostik ablösen zu können.

Die geringe Halbwertschicht des Jod-125 gegenüber Jod-131 im Natriumjodid-Kristall (sie beträgt 0,185 mm gegenüber 14,5 mm bei Jod-131) bedeutet, daß zum Nachweis wesentlich dünnere Szintillationskristalle notwendig sind.

Physikalische Daten von Jod-125 und Jod-131

Isotop	HWZ	Beta-Strahlung MeV	Photonen-Strahlung MeV	HWS in mm für H_2O	Al	NaJ	Pb
Jod-125	60 d	Elektronen-Einfang	K 0,027(80%) 0,035(7%)	20	1,7	0,18	0,01
Jod-131	8 d	0,61 (86%)	0,363(80%)	61	26,5	14,5 für 0,363 MeV-Linie	2,3

Jod-131

Jod-131 hat durch seine relativ hohe Strahlenenergie (Betaenergie: 0,61 MeV und Gammaenergie: 0,36 MeV) vor allem größte Bedeutung in der Jodtherapie. Die Halbwertschichten betragen bei verschiedenen Elementen:

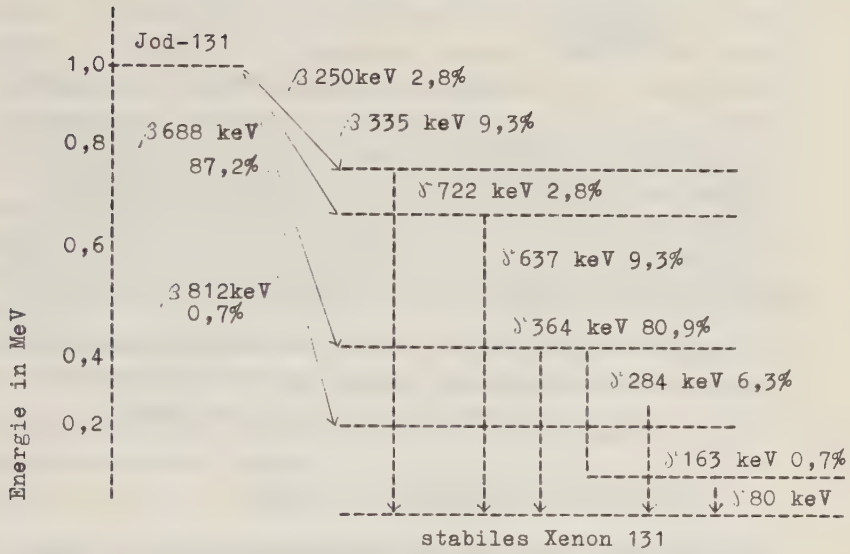
H_2O : 61 mm,
Al : 26,5 mm,
NaJ : 14,5 mm,
Pb : 2,3 mm.

Das Jod-131 läßt sich durch zwei Verfahren gewinnen. Eine Möglichkeit besteht im Beschuß von Tellur 130 mit Deutronen, die nach folgender Gleichung vor sich geht:

$$Te^{130} (d,n) J^{131}$$

Die zweite Möglichkeit ist die Uranspaltung, dabei wird es als Folgeprodukt von 131 m Tellur (Halbwertzeit: 1,2 d) und Tellur 131 (HWZ 25 Minuten) gewonnen. Jod-131 zerfällt mit einer Halbwertzeit von 8,075 Tagen zu stabilem Xenon 131. Bei 100 Zerfällen von Jod-131 sind nach MYERS und VANDERLEEDEN 81 Impulse meßbar.

Zerfallsschema von Jod-131



Folgende Vorteile lassen sich aus der physikalischen Note beider Isotope theoretisch folgern:

1. Die Abschirmung des Kristalles kann aus 1 - 2 mm dicken Aluminium bestehen, was die Kollimatoren und die Meßsonde wesentlich verkleinert und Gewicht einspart, so daß die Meßsonde leichter zu handhaben ist.

2. Die Kristalle brauchen nur eine Dicke von 1 - 2 mm und sind dadurch wesentlich billiger und haben einen wesentlich kleineren Nulleffekt.

3. Die lange Halbwertzeit von 60 Tagen macht eine rationellere Verwendung des Serumalbumins möglich.

4. Die fehlende Elektronenstrahlung bringt trotz der langen Halbwertzeit eine um 30% niedere Strahlenbelastung.

C. Technik des GEG mit klinischen Angaben

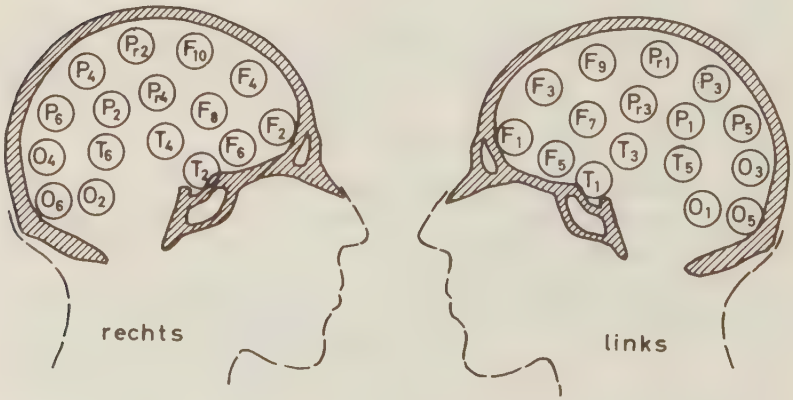
1. Dosierung

Nach Zufuhr von radioaktivem jodiertem Jod-131-Serumalbumin (RISA) 4 µCi pro kg Körpergewicht, nimmt das Hirngewebe eine geringe, der Hirntumor, der mit einer Permeabilitätsstörung der Blut-Hirn-Schranke einhergeht, eine größere Jod-125 Aktivität auf. Eine solche umschriebene Jod-125 Anreicherung kann auf Grund der vom Schädelinneren ausgehenden Photonen-Strahlung von außen nachgewiesen werden.

Links-rechts-Differenz der Aktivität über den symmetrisch liegenden Punkten gemessen lassen auf eine Jod-125 Anreicherung in einem bestimmten Hirnabschnitt schließen.

2. Wahl der Punkte auf der Kalotte

Die Patienten tragen während der Untersuchung eine Badekappe, auf der die einzelnen Meßpunkte verzeichnet werden.



Dabei hat sich das von Planiol angegebene Schema am besten bewährt: Je 5 Meßpunkte frontal rechts und links, je 2 Meßpunkte präzentral rechts und links, je 3 Meßpunkte parietal rechts und links, je 3 Meßpunkte temporal rechts und links, je 3 Punkte occipital rechts und links.

Die Messung des GEG erfolgte bei klinischer Anwendung 2 Stunden nach Injektion von Jod-125 Serumalbumin. Bei dieser Messung zeigt sich meist eine Aktivitätserhöhung über dem Tumor. Diese Aktivität im Tumor ist höher als die Aktivität, die über der übrigen Schädelkalotte meßbar ist. Die Differenz zwischen normalem Hirngewebe und Tumorgewebe kommt bei der 2. und 3.Messung (24 Stunden und 48 Stunden später) oft noch besser zum Ausdruck.

Die bei der Messung erhaltenen Impulsdifferenzen zwischen den symmetrischen Punkten auf der rechten und linken Hemisphäre werden als Prozente der Gegenseite ausgewertet.

Das Ergebnis eines Gamma-Encephalogramms bei einem Patienten, bei dem histologisch ein Astrozytom rechts temporal festgestellt und operiert wurde, wird wie folgt angegeben (siehe Seite 10).

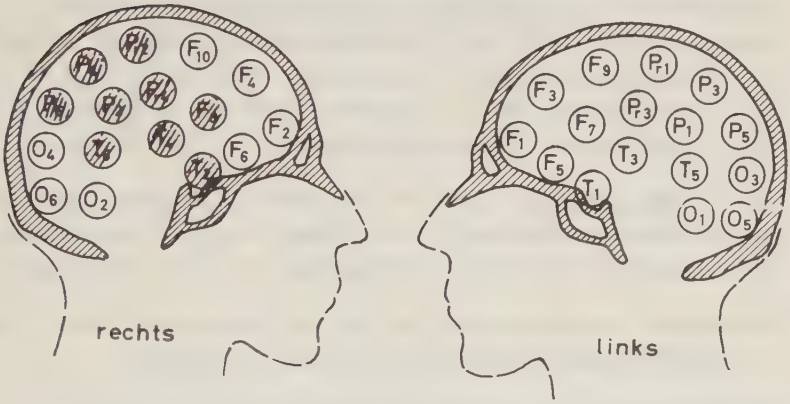
Wie diese Tabelle zeigt, hat die rechte Hemisphäre mehr gespeichert als die linke. In der Frontalregion rechts 54.8% mehr als links, in der Präzentralregion rechts 64.7% mehr als links, in der Parietalregion 73.5% (P2) - 32.8% (P4) - 19.5% (P6) mehr als links, in der Temporalgegend rechts 44.5% (T2) - 176.5% (T4) - 58% (T6) mehr als gegenüberliegende Punkte an Jod-125 markiertem Serumalbumin angereichert.

Wenn wir die obengenannten Punkte auf der Schädelkalotte kennzeichnen, können wir annehmen, daß es sich hier um einen ausgedehnten Tumor handelt, der rechts temporal liegt und nach frontal und parietal reicht und temporal sehr nahe an die Schädeloberfläche heranreicht. Da der Aktivitätsanstieg erst nach 24 h deutlich wurde, ist hier ein Tumor vom Astrozytomtyp anzunehmen (siehe Seite 11).

Impuls-Differenz in Prozenten

2 Stunden nach Injektion		24 h P.I.		48 h P.I.	
rechte Hemisphäre	linke Hemisphäre	rechte Hemisphäre	linke Hemisphäre	rechte Hemisphäre	linke Hemisphäre
F 2 + 7.6	F 1	F 2	F 1 + 4.9	F 2 + 11.5	F 1
F 4	F 3 + 7	F 4	F 3 + 12.5	F 4 + 0.2	F 3
F 6 + 38	F 5	F 6 + 60	F 5	F 6 + 14.1	F 5
F 8 + 16.8	F 7	F 8 + 40.5	F 7	F 8 + 54.8	F 7
F10 + 4.6	F 9	F10 + 0.7	F 9	F10 + 5.6	F 9
Pr2 + 6	Pr1	Pr2 + 10	Pr1	Pr2 + 18.5	Pr1
Pr4 + 19	Pr3	Pr4 + 60	Pr3	Pr4 + 64.7	Pr3
P 2 + 27	P 1	P 2 + 46	P 1	P 2 + 73.5	P 1
P 4 + 11.6	P 3	P 4 + 14.6	P 3	P 4 + 32.8	P 3
P 6 + 10.7	P 5	P 6 + 7.5	P 5	P 6 + 19.5	P 5
T 2 + 40	T 1	T 2 + 98.8	T 1	T 2 + 94.5	T 1
T 4 + 44.5	T 3	T 4 +117	T 3	T 4 +176.5	T 3
T 6 + 48	T 5	T 6 + 48.6	T 5	T 6 + 58	T 5
O 2	O 1 + 22	O 2	O 1 + 10.2	O 2	O 1 + 3.95
O 4	O 3 + 3.1	O 4	O 3 + 1.8	O 4	O 3 + 3.5
O 6	O 5 + 15.1	O 6	O 5 + 13.7	O 6	O 5 + 7.9

Diagnose: Ausgedehnter Tumor vom Typ Astrozytom rechts temporal, der nach frontal und parietal reicht und temporal sehr nahe an die Schädeloberfläche heranreicht.



D. Klinische Auswertung der Gamma-Encephalographie

Da bei der Gamma-Encephalographie Messungen zu verschiedenen Zeiten nach Injektion vorgenommen werden können, ist die Aussagekraft auch in Bezug auf Artdiagnose wesentlich sicherer.

Bei Glioblastomen kommt es bei der 2-h-Messung zu einer diffusen Aktivitätsanreicherung der erkrankten Hemisphäre über 30 - 40%. Dadurch kann bereits ein Tumor vermutet werden. Dieser Tumor läßt sich jedoch nicht gut abgrenzen. Nach der 2.Messung nach 24 Stunden zeigt sich ein weiteres Ansteigen der Aktivität über der erkrankten Hemisphäre. Außerdem ist nach dieser Messung ein Aktivitätsmaximum erreicht. Der Bezirk ist als Mittelpunkt des Tumors anzunehmen. Wenn dieses Maximum ganz scharf von der Umgebung abzu-

grenzen ist, kann ein oberflächlicher Tumor angenommen werden. Ist aber dieses Maximum nicht scharf abgrenzbar, soll an einen tieferliegenden Tumor gedacht werden.

Da zwischen einem Astrozytom, einem Oligodendrogliom und Spongioblastom im GEG nicht unterschieden werden kann, wird allgemein von malignen Tumor, Astrozytomtyp gesprochen (Wende). Dabei zeigt die 1.Messung nur eine mäßige, einseitige Impulserhöhung und keine sichere Tumorlokalisation. Nach der 2.Messung nach 24 Stunden kommt es zu einer relativ scharf umgrenzten Isotopenanreicherung im Tumorbezirk.

Bei dem Meningiom ist bereits bei der 2-h-Messung durch die ausgedehnte Vaskularisation des Tumors eine erhöhte Impulszahl vorhanden, die bei der 2.Messung ein wenig ansteigt.

Haemangiome verhalten sich im GEG wie Meningiome, was eine differentialdiagnostische Schwierigkeit bereitet.

Aneurysmen der intrakraniellen Gefäße lassen sich nicht im GEG nachweisen, da ihre Gefäßausdehnung meist gering ist.

Bei anderen zerebralen Gefäßprozessen und Insulten können jedoch ebenfalls herdförmige Veränderungen auftreten.

Für das GEG nicht geeignet sind Tumore der Mittellinie, z.B. Hypophysentumore, da durch ihre Mittellage auf beiden Seiten eine gleiche Impulszahl gemessen werden kann. Die Tumore in der hinteren Schädelgrube bereiten ebenfalls im GEG Schwierigkeiten, da die blutreiche Nackenmuskulatur eine starke Aktivitätsaufnahme aufweist, wie auch die Muskulatur im unteren Temporalbereich.

III. Experimentelle Untersuchungen

III. Experimentelle Untersuchungen

Unsere experimentellen Untersuchungen sollen zeigen, bis zu welcher Tiefe im Wasserphantom Jod-125 mit und ohne Umgebungsaktivität noch nachgewiesen werden kann.

Bei den Untersuchungen haben wir ein Glasgefäß (Größe 24 x 24 cm x 10 cm) als Phantom und drei verschiedene Kolben (Ø 3, 4, 6 cm) als Tumorphantom benutzt. Das Glasgefäß wurde entweder mit nicht aktivem Wasser (Experimente ohne Umgebungsaktivität) oder mit aktivem Wasser (Experimente mit Umgebungsaktivität) und die Kolben mit Jod (125 oder 131, je nach dem Experiment) markiertem Serumalbumin in verschiedenen Konzentrationen aufgefüllt.

Die den Tumor darstellenden Kolben wurden an ein Lineal in verschiedenen Abständen im Glasgefäß aufgehängt. Der Szintillationszähler wurde mit verschiedenen Kollimatoren versehen.

Bei den Untersuchungen und Messungen mit Jod-125 wurden 3 verschiedene Kollimatoren benützt (siehe Abb.2).

Tabelle I

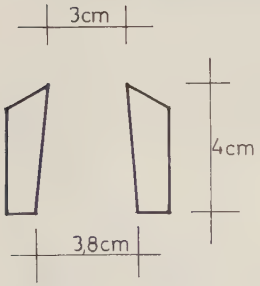
Kollimator	Form	Länge	Durchmesser innen	Öffnung außen
Langer	Zylinder	7 cm	4.2 cm	4.2 cm
Mittlerer	Konus	4 cm	3.8 cm	3.0 cm
Kleiner	Zylinder	1 cm	4.2 cm	4.2 cm

Bei den Messungen wurden jeweils die Kolben um einen halben Zentimeter von dem Szintillationszähler entfernt und die Impulse pro Minute abgelesen. Die Impulswerte wurden in Prozenten der Oberfläche ausgerechnet und auf verschiedenen Kurven eingetragen.

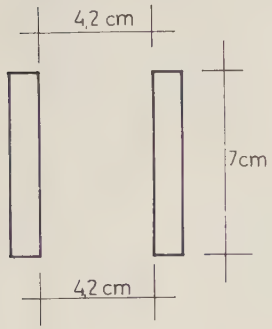
Abb.1 zeigt verschiedene Kollimatoren und Tumorphantome.

Abb. 1

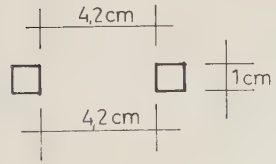
KOLLIMATOREN UND TUMORPHANTOME (KOLBEN)



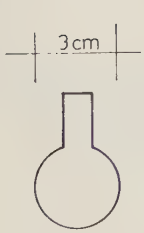
mittlerer, konischer Kollimator



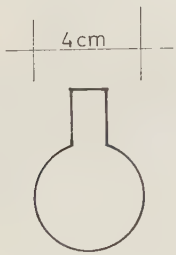
langer, zylinderischer Kollimator



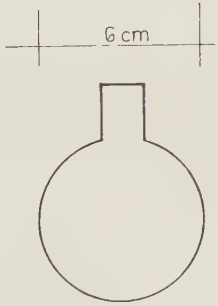
kurzer, zylinderischer Kollimator



kleiner Tumorphantom



mittlerer Tumorphantom



großer Tumorphantom

Prozentuale Tiefendosiskurve in H_2O von Jod-131 ohne Umgebungsaktivität

Vergleichsmessungen mit großem - mittlerem - kleinem Tumorphantom (Abb.2), Aktivität immer 0.5 μCi/l

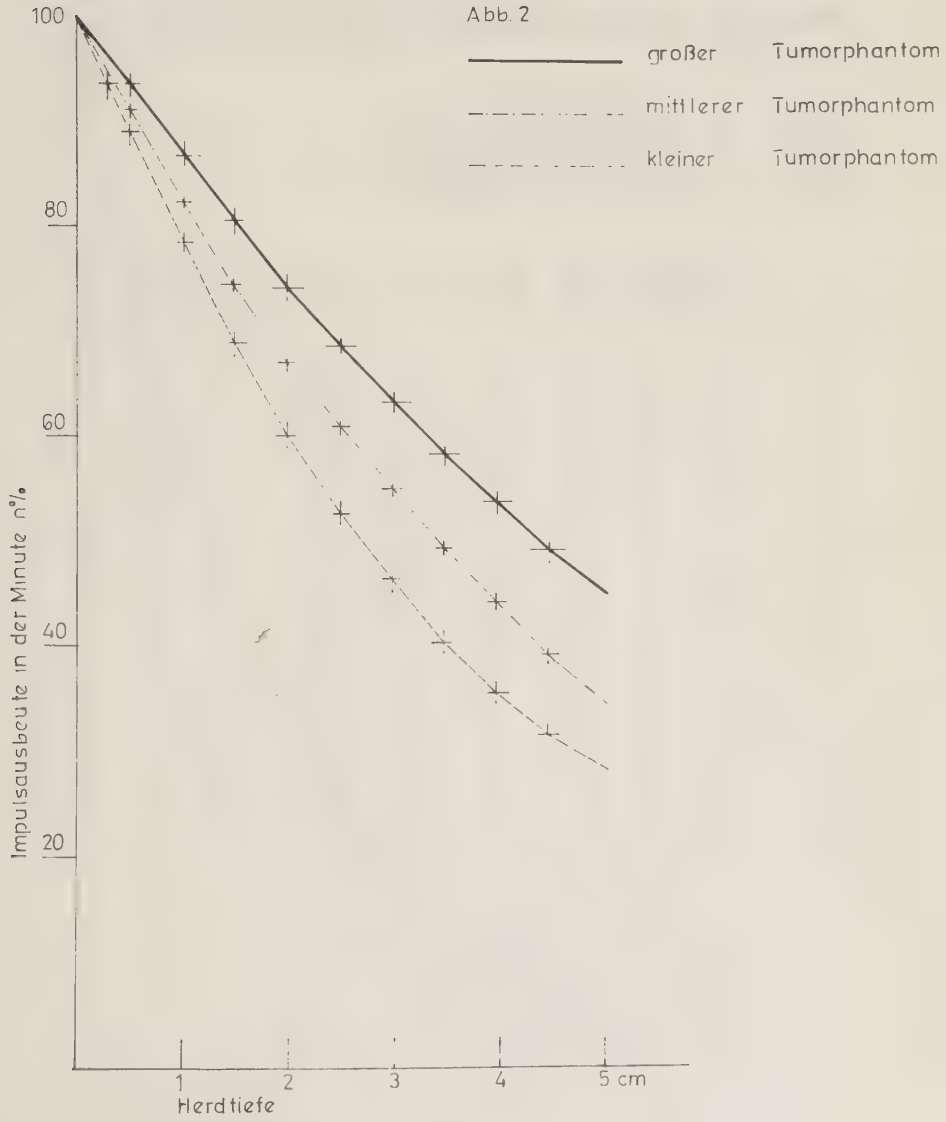
T.d.T. = Tiefe des Tumors

T.d.T.	Null-effekt	großes Tumorphantom	mittl. Tumorphantom	klein. Tumorphantom	Meßergebnis in % g.K.	m.K.	k.K.
0	58	4772	3382	2058	100	100	100
0.5	58	4551	3052	1904	95	90	94
1.0	58	4262	2769	1698	90	80	81
1.5	58	3894	2488	1459	81	71	70
2.0	58	3658	2285	1321	75	65	65
2.5	58	3203	2018	1090	65	60	50
3.0	58	3075	1807	910	61	52	45
3.5	58	2878	1783	887	59	50	41
4.0	58	2617	1522	768	55	45	38
4.5	58	2408	1341	686	50	39	34
5.0	58	2226	1216	593	45	35	39

Aus den Meßergebnissen geht hervor, daß die Impulsausbeute von der Größe des Tumors abhängig ist und bei gleicher Aktivität mit dem großen Phantom sich eine höhere Impulsausbeute ergibt.

Prozentuale Tiefendosiskurve in H_2O von J-131 ohne Umgebungsaktivität

Vergleichsmessungen mit großem - mittlerem - kleinem Tumorphantom
(Aktivität immer 0,5 µC)



Prozentuale Tiefendosiskurve in H_2O von Jod-125 ohne Umgebungsaktivität

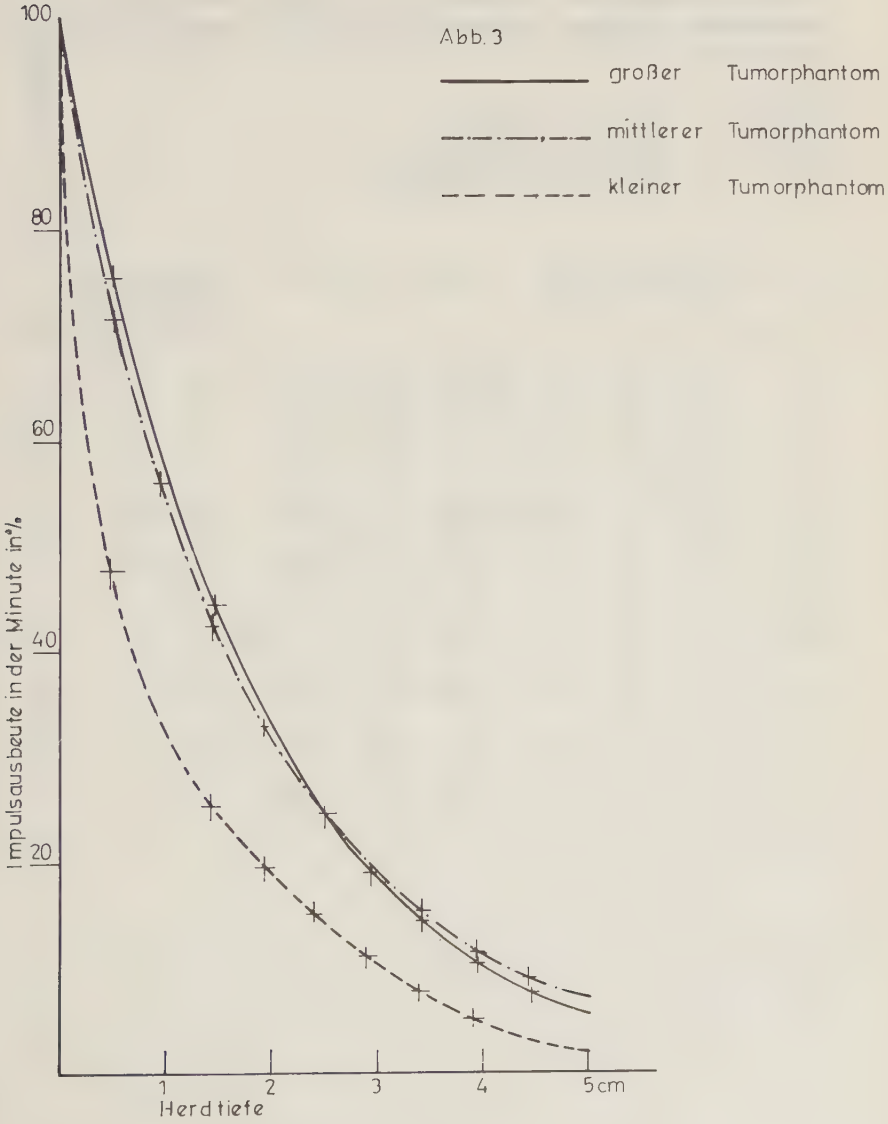
Vergleichsmessungen mit mittlerem Kollimator und großem - mittlerem - kleinem Tumorphantom (Abb.3), Aktivität immer 0.5 µCi/l

T.d.T. = Tiefe des Tumors
K.T. = kleines Tumorphantom
M.T. = mittleres Tumorphantom
G.T. = großes Tumorphantom

T.d.T.	Nulleffekt bei						Meßergebnis in % bei		
	K.T.	M.T.	G.T.	K.T.	M.T.	G.T.	K.T.	M.T.	G.T.
0	27	30	34	2025	4506	7923	100	100	100
0.5	27	30	34	1500	3377	5833	49	71	75
1.0	27	30	34	1066	2502	4396	35	55	55
1.5	27	30	34	764	2004	3474	25	42	42
2.0	27	30	34	618	1530	2598	19	32	33
2.5	27	30	34	454	1170	1993	14	25	25
3.0	27	30	34	333	876	1452	11	18	19
3.5	27	30	34	257	725	1088	7,5	13	15
4.0	27	30	34	213	538	894	6	10	11
4.5	27	30	34	165	443	693	4,5	8	9
5.0	27	30	34	131	348	562	3	4	7

Prozentuale Tiefendosiskurve in H_2O von J-125 ohne Umgebungsaktivität

Vergleichsmessungen mit mittlerem Kollimator und großem – mittlerem – kleinem Tumorphantom
(Aktivität immer 0,5 μC/l)



Prozentuale Tiefendosiskurve in H_2O von Jod-125 ohne Umgebungsaktivität

Vergleichsmessungen mit kurzem Kollimator und großem - mittlerem - kleinem Tumorphantom (Abb.4), Aktivität immer 0.5 μCi/l

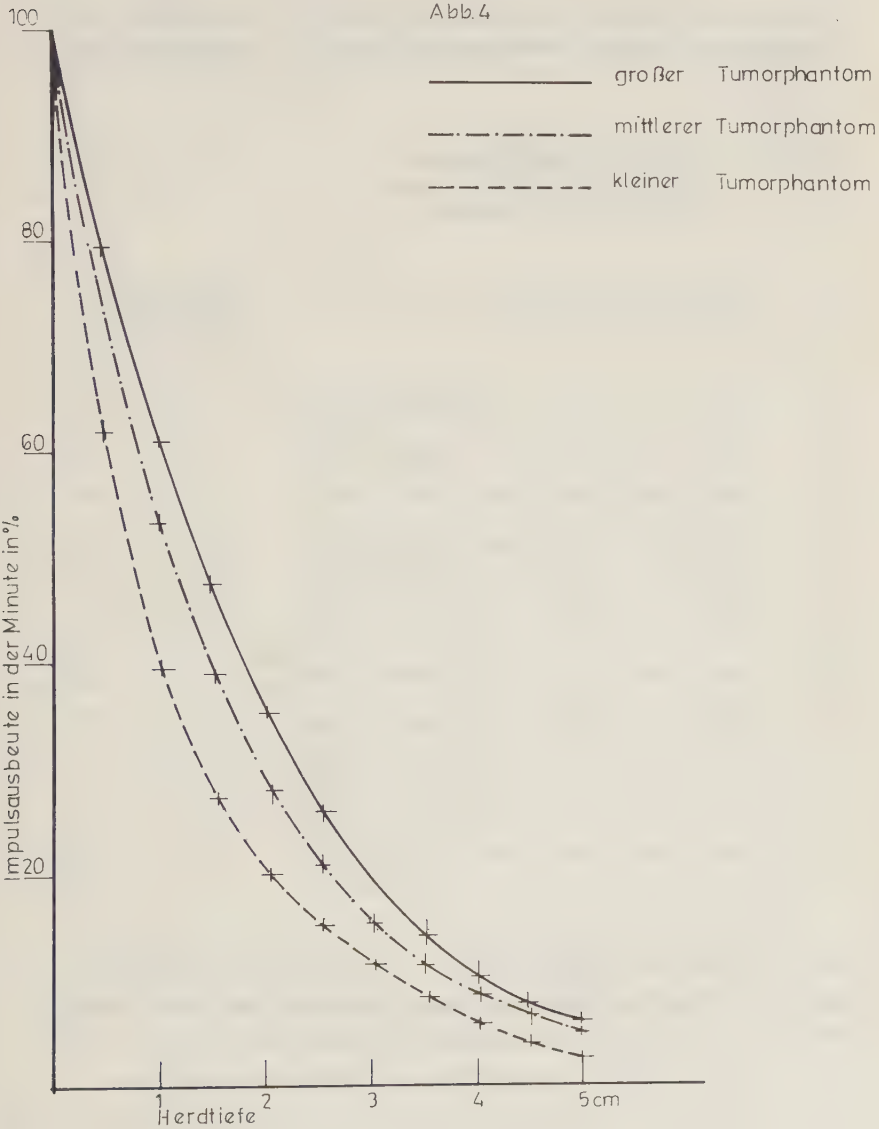
T.d.T. = Tiefe des Tumors
G.T. = großes Tumorphantom
M.T. = mittleres Tumorphantom
K.T. = kleines Tumorphantom

T.d.T.	Nulleffekt bei G.T.	M.T.	G.T.	G.T.	M.T.	K.T.	Meßergebnis in % bei G.T.	M.T.	K.T.
0	47	47	42	14051	19990	5806	100	100	100
0.5	47	47	42	9753	15306	3863	89	75	65
1.0	47	47	42	6813	10575	2492	61	51	42
1.5	47	47	42	5298	7780	1716	49	39	29
2.0	47	47	42	3832	5747	1278	35	29	21
2.5	47	47	42	2801	4346	1010	25	21	17
3.0	47	47	42	2240	3360	714	20	17	12
3.5	47	47	42	1702	2404	496	15	12	8
4.0	47	47	42	1231	1797	421	10	9	6
4.5	47	47	42	953	1371	308	8	6	4
5.0	47	47	42	722	1098	267	6	5	3

Prozentuale Tiefendosiskurve in H_2O von J-125 ohne Umgebungsaktivität

Vergleichsmessungen mit kurzem Kollimator und großem - mittlerem - kleinem Tumorphantom
(Aktivität immer 0,5 µC/l)

Abb. 4



Prozentuale Tiefendosiskurve in H_2O von Jod-125 ohne Umgebungsaktivität

Vergleichsmessungen mit langem Kollimator und großem - mittlerem - kleinem Tumorphantom (Abb.5), Aktivität immer 0.5 µCi/l

T.d.T. = Tiefe des Tumors
K.T. = kleiner Tumorphantom
M.T. = mittleres Tumorphantom
G.T. = großes Tumorphantom

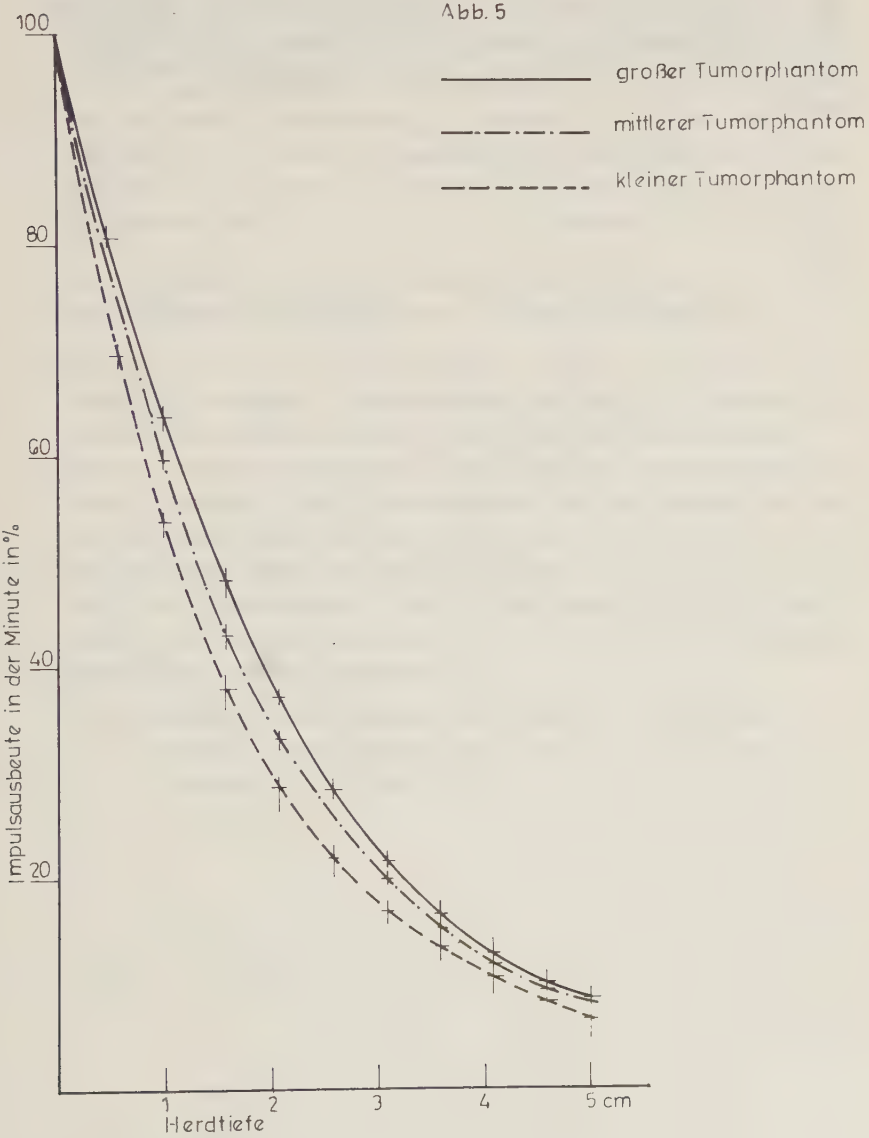
T.d.T.	Nulleffekt bei K.T.	M.T.	G.T.	K.T.	M.T.	G.T.	Meßergebnis in % bei K.T.	M.T.	G.T.
0	20	30	33	1045	2836	4498	100	100	100
0.5	20	30	33	747	2085	3674	71	71	82
1.0	20	30	33	610	1715	2773	51	59	63
1.5	20	30	33	436	1282	2228	40	45	49
2.0	20	30	33	338	975	1576	29	33	35
2.5	20	30	33	280	771	1300	24	25	27
3.0	20	30	33	216	658	1021	18	21	22
3.5	20	30	33	176	440	794	14	14	17
4.0	20	30	33	160	396	683	12	12	14
4.5	20	30	33	128	320	493	9,5	10	11
5.0	20	30	33	111	267	381	7,8	8	8

Diese Messungen zeigen, daß die Impulsausbeute wiederum von der Größe des Tumors abhängig ist und der kurze Kollimator die höchsten Impulszahlen bringen kann.

Prozentuale Tiefendosiskurve in H_2O von J-125 ohne Umgebungsaktivität

Vergleichsmessungen mit langem Kollimator und großem – mittlerem – kleinem Tumorphantom
(Aktivität immer 0,5 µC/l)

Abb. 5



Vergl. mit Jod-131: Die Messungen zeigen, daß das Jod-125 ohne Umgebungsaktivität im Vergleich in der Tiefe zum Jod-131 einen steileren Abfall zeigt und die Impulsausbeute bei Jod-131 höher ist als beim Jod-125 (z.B. in 4 cm Tiefe bei Jod-125 bei Messung mit großem Tumorphantom 14% an der Oberfläche gemessen Impulse zu verzeichnen sind und unter der gleichen Bedingung beim Jod-131 dieser Wert 55% beträgt.

2. Prozentuale Tiefendosiskurve mit Jod-125 im Tumorphantom mit Umgebungsaktivität ohne Knochen

Wie bereits am Anfang erwähnt, zeigt der Tumor zwar eine Anreicherung des Jodserumalbumins auf Grund seiner veränderten Permeabilität, ist jedoch insgesamt umgeben von geringer Radioaktivität, die im Blut liegt. Dieses haben wir bei folgenden Untersuchungen berücksichtigt. Es wurde radioaktives Jod in die das Tumorphantom umgebende Flüssigkeit gegeben, so daß das Verhältnis Aktivität im Tumor zu Umgebungsaktivität 5 : 1, 4 : 1, 3 : 1 betrug.

Jede Messung wurde mit 3 verschiedenen Kollimatoren und 3 verschiedenen Tumorphantomen (Kolben) durchgeführt.

Bei allen diesen Messungen wurde zuerst die Umgebungsaktivität bestimmt (Impulszahlen von dem im Glasgefäß befindlichen und mit Jod-125 oder bei den Messungen mit Jod-131, aktiviertem Wasser ohne Vorlage eines Tumorphantoms). Danach wurden Tumorphantome in das radioaktive Wasser hineingetaucht und die Impulszahlen gemessen. Die Impulszahl der Umgebungsaktivität wurde dann von der Impulszahl der Umgebungsaktivität + Tumorphantomaktivität abgezogen. Die Differenz wurde dann in Prozent der Umgebungsaktivität (= 100%) angegeben:

z.B. Messung Wasserphantom ohne Tumor = 100 Imp/ 1
Messung Wasserphantom mit Tumor = 140 Imp/ 1
Tumoraktivität dann + 40%.

Prozentuale Tiefendosiskurve mit Jod-125 im Tumor mit Umgebungsaktivität ohne Knochen

Vergleichsmessungen mit großem Tumorphantom und langem - mittlerem - kurzem Kollimator (Abb.6)
Tumoraktivität zu Umgebungsaktivität = 5 : 1

T.d.T. = Tiefe des Tumors
L.L. = langer Kollimator
M.K. = mittlerer Kollimator
K.K. = kurzer Kollimator

T.d.T.	Nulleffekt bei			Meßergebnis in % bei		
	L.K.	M.K.	K.K.	L.K.	M.K.	K.K.
0	1894	4926	11654	28.2	98	71
0.5	1564	3593	8340	23	70	51
1.0	1293	2784	6049	19.4	54	37
1.5	908	2027	3849	13.4	40.1	24
2.0	820	1566	2996	12	31	18
2.5	602	1222	2276	8.9	24	13.9
3.0	492	828	1521	7.3	16.5	9.2
3.5	454	766	988	6.7	15.2	6.8
4.0	364	616	645	5.4	12.3	3.9
4.5	227	447	335	3.3	8.8	2
5.0	129	314	169	1.92	6.2	0.97

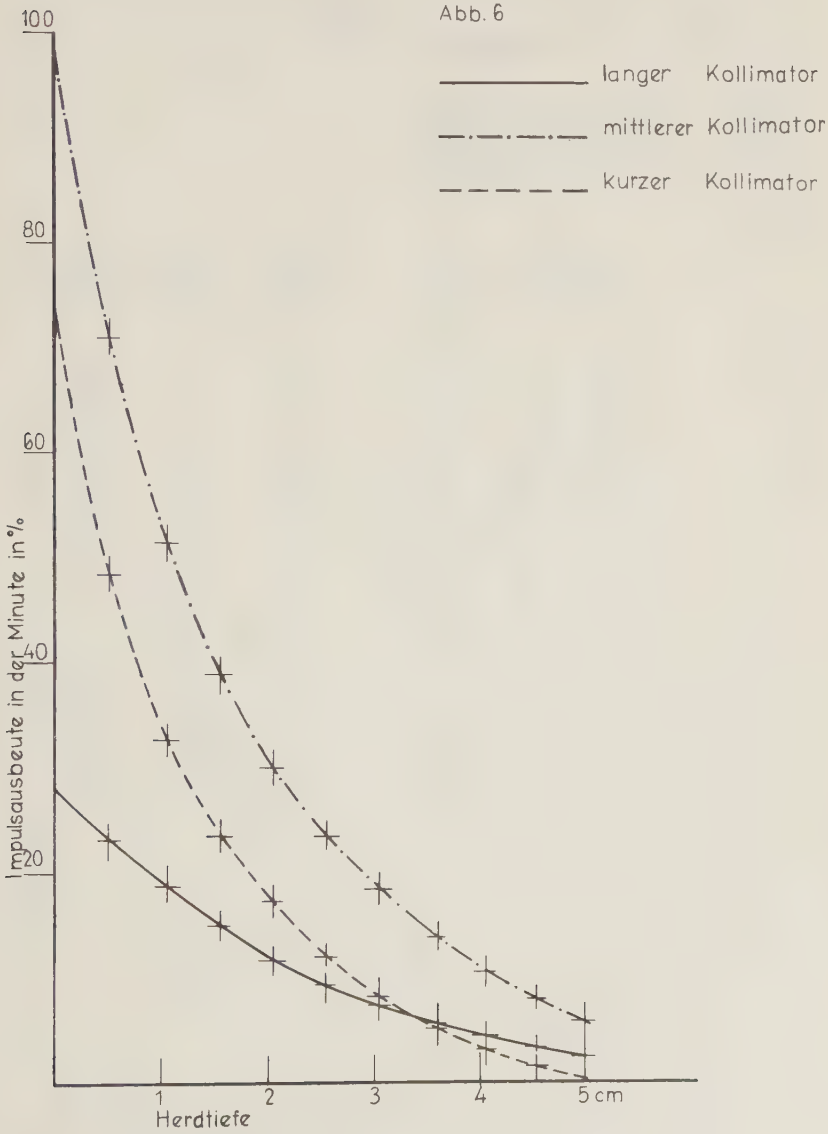
Die Messungen zeigen, daß der konische (mittlere) Kollimator fokusierend wirkt und die größte Impulsausbeute ergibt. In der 3 cm Tiefe sind etwa 17% der Oberflächenaktivität zu messen.

Prozentuale Tiefendosiskurve mit J-125 im Tumor mit Umgebungsaktivität ohne Knochen

Vergleichsmessungen mit großem Tumorphantom und langem-mittlerem-kleinem Kollimator

Tumoraktivität zur Umgebungsaktivität = 5:1

Abb. 6



Prozentuale Tiefendosiskurve mit Jod-125 im Tumor mit Umgebungsaktivität ohne Knochen

Vergleichsmessungen mit mittlerem Tumorphantom und langem - mittlerem - kurzem Kollimator (Abb.7)
Tumoraktivität zu Umgebungsaktivität = 5 : 1

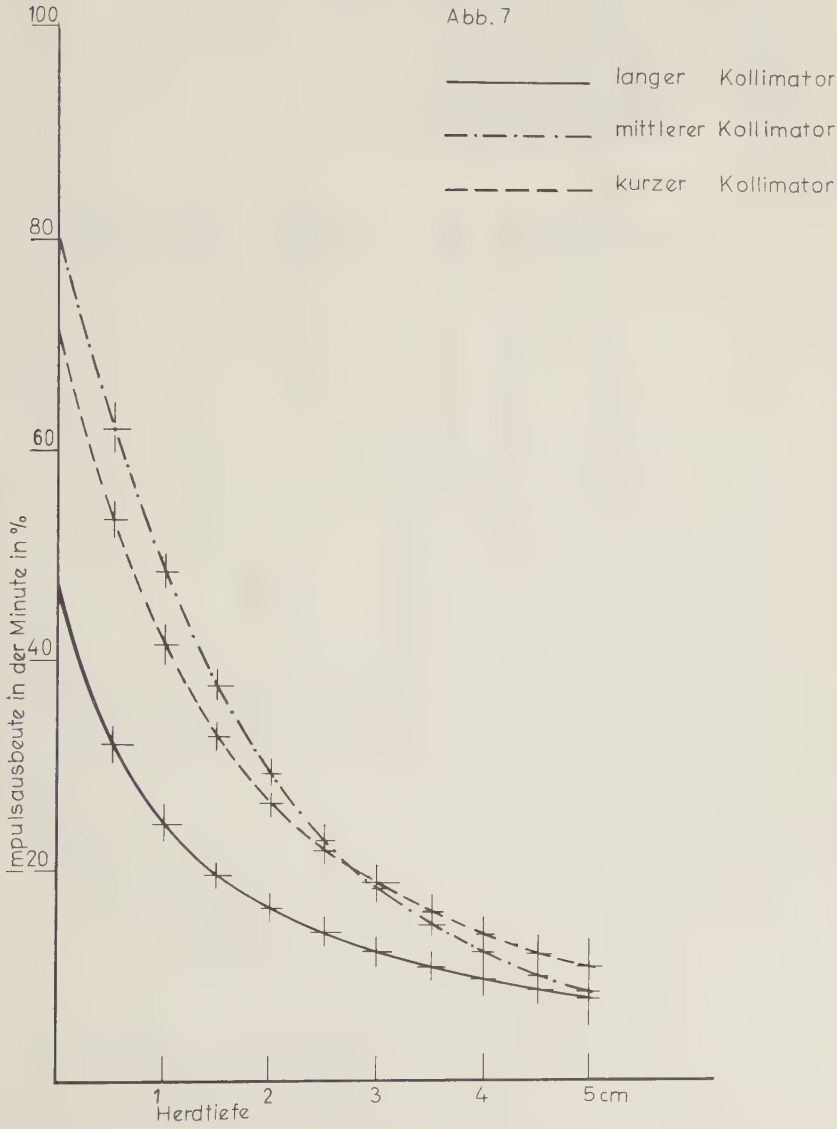
T.d.T. = Tiefe des Tumors
L.K. = langer Kollimator
M.K. = mittlerer Kollimator
K.K. = kurzer Kollimator

T.d.T.	Nulleffekt bei			Meßergebnis in % bei		
	L.K.	M.K.	K.K.	L.K.	M.K.	K.K.
0	3744	3515	11541	47.8	80.2	71
0.5	2782	2700	7046	29.1	61.7	53
1.0	2365	2261	5766	23.8	51.7	45
1.5	1969	1736	5009	20.7	39.7	37
2.0	1401	1220	4739	19.6	27.9	27
2.5	1236	994	4297	17.7	22.7	23
3.0	1048	849	3377	13.9	19.4	20
3.5	834	700	2721	11.3	16	16
4.0	771	540	2384	9.9	12.3	14.5
4.5	702	426	2089	8.6	10.3	13
5.0	587	359	1925	8	8.2	11

Prozentuale Tiefendosiskurve mit J-125 im Tumor mit Umgebungsaktivität ohne Knochen

Vergleichsmessungen mit mittlerem Tumorphantom und langem-mittlerem-kurzem Kollimator

Tumoraktivität zur Umgebungsaktivität = 5:1



Prozentuale Tiefendosiskurve mit Jod-125 im Tumor mit Umgebungsaktivität ohne Knochen

Vergleichsmessungen mit kleinem Tumorphantom und langem - mittlerem - kurzem Kollimator (Abb.8)
Tumoraktivität zu Umgebungsaktivität = 5 : 1

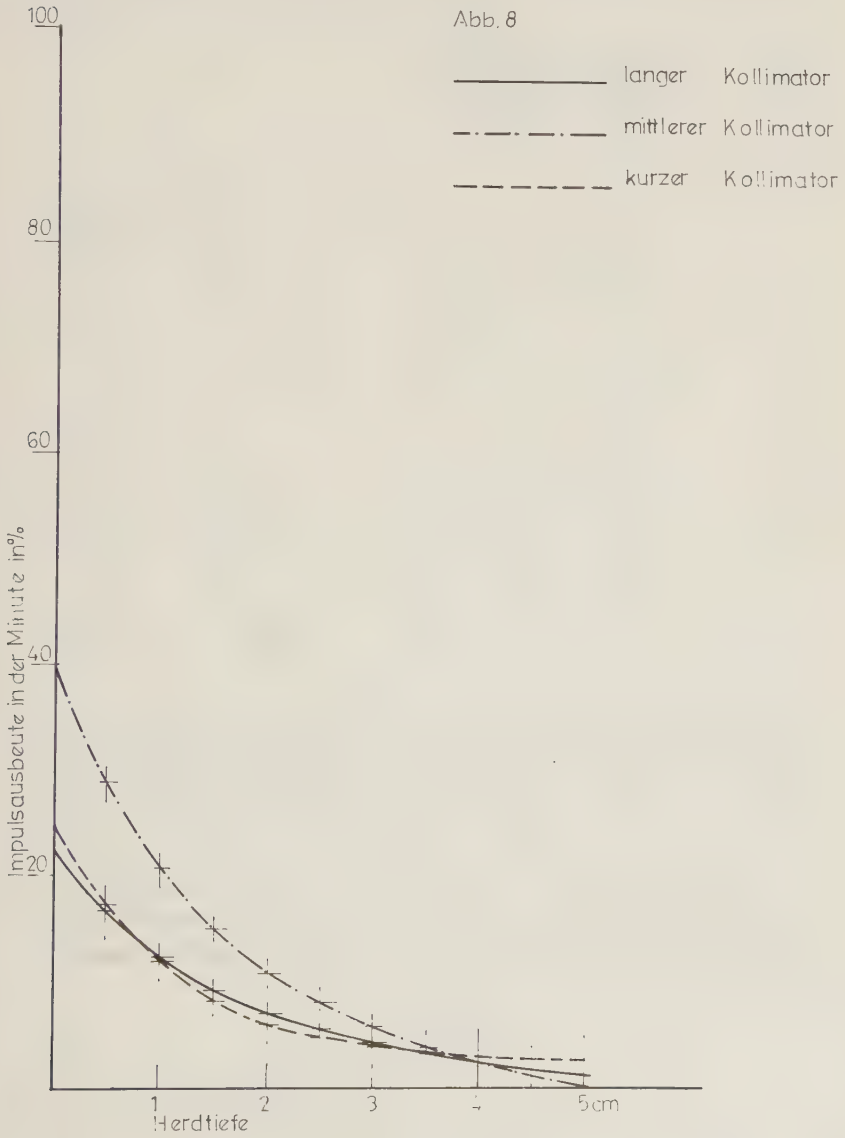
T.d.T. = Tiefe des Tumors
L.K. = langer Kollimator
M.K. = mittlerer Kollimator
K.K. = kurzer Kollimator

T.d.T.	Nulleffekt bei			Meßergebnis in % bei		
	L.K.	M.K.	K.K.	L.K.	M.K.	K.K.
0	1007	1555	4672	24.7	39	22.7
0.5	697	1154	3176	17.1	29	15.4
1.0	598	704	2473	14.7	18	12.9
1.5	335	595	1744	8.2	15	8.5
2.0	322	382	1109	7.9	10	5.5
2.5	305	233	1083	7.5	6	5.3
3.0	188	221	956	4.6	5.5	4.7
3.5	173	198	759	4.3	5	3.7
4.0	151	101	692	3.8	2.7	3.4
4.5	119	78	351	2.9	2	1.7
5.0	102	9	322	2.5	0.2	1.6

Prozentuale Tiefendosiskurve mit J-125 im Tumor mit Umgebungsaktivität ohne Knochen

Vergleichsmessungen mit kleinem Tumorphantom und langem-mittlerem-kurzem Kollimator

Tumoraktivität zur Umgebungsaktivität = 5:1



Prozentuale Tiefendosiskurve mit Jod-125 im Tumor mit Umgebungsaktivität ohne Knochen

Vergleichsmessungen mit kurzem - mittlerem - langem Kollimator. Tumoraktivität zu Umgebungsaktivität = 4 : 1 (Abb.9)

T.d.T. = Tiefe des Tumors
L.K. = langer Kollimator
M.K. = mittlerer Kollimator
K.K. = kurzer Kollimator

T.d.T.	Nulleffekt bei			Meßergebnis in % bei		
	L.K.	M.K.	K.K.	L.K.	M.K.	K.K.
0	1707	4490	4648	24	85	60
0.5	717	3860	3095	16	73	36
1.0	615	3270	2311	13.3	62	27
1.5	509	2680	1628	11.5	54	19.5
2.0	409	1950	1329	9.1	37	16
2.5	334	1540	1010	7.5	29	12
3.0	262	1130	757	5.7	21	8.9
3.5	202	700	510	4.5	13	6
4.0	171	350	404	3.8	7	4.8

Diese Messungen zeigen ebenfalls, daß der mittlere Kollimator die meisten Impulswerte gibt. In der 3 cm Tiefe ist immer noch 21% der Impulswerte der Oberfläche zu messen.

Hier zeigt sich wiederum, daß die Meßkurve von Jod-125 mit Umgebungsaktivität steiler abfällt als von Jod-131. Die Impulsausbeute ist bei den Messungen mit Jod-125 mit Umgebungsaktivität höher als mit Jod-131 mit Umgebungsaktivität.

Prozentuale Tiefendosiskurve mit J-125 im Tumor mit Umgebungsaktivität ohne Knochen

Vergleichsmessungen mit langem-mittleren-kurzem Kollimator

(Tumoraktivität zur Umgebungsaktivität 4 : 1)

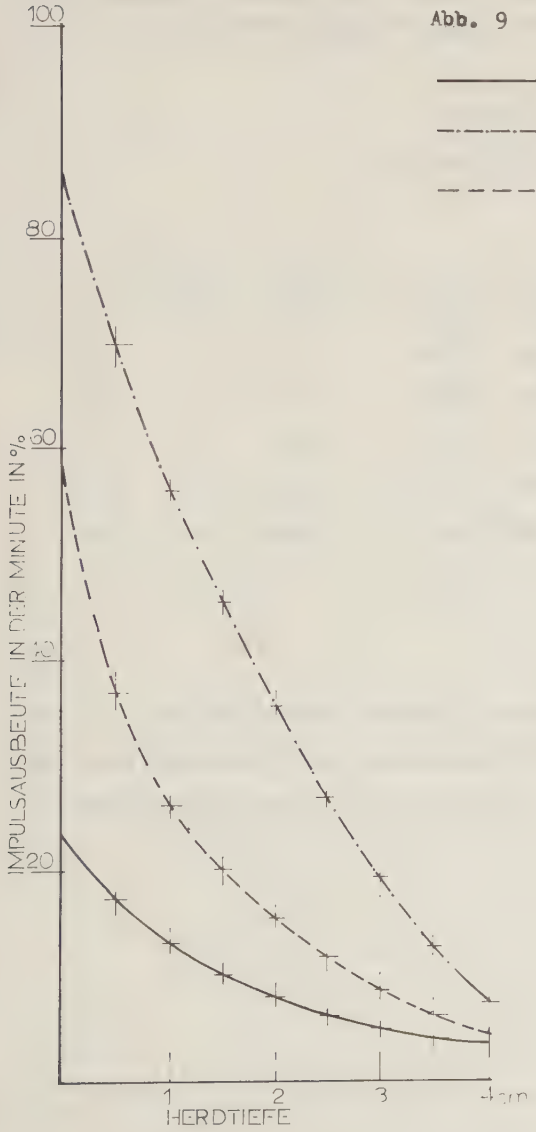


Abb. 9

——————— langer Kollimator

—·—·—·—·— mittlerer Kollimator

— — — — — — kurzer Kollimator

Prozentuale Tiefendosiskurve mit Jod-125 im Tumor mit Umgebungsaktivität ohne Knochen

Vergleichsmessungen mit langem - mittlerem - kurzem Kollimator. Tumoraktivität zu Umgebungsaktivität = 3 : 1 (Abb.10)

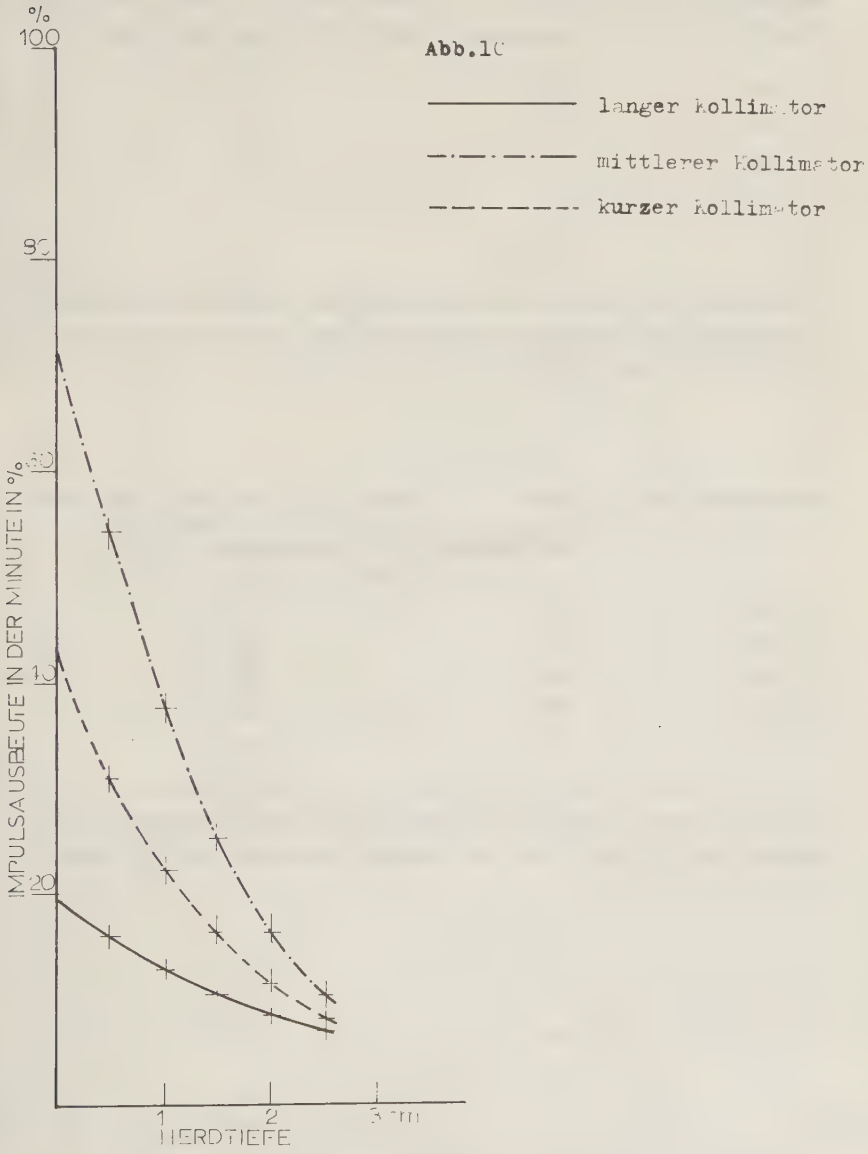
T.d.T. = Tiefe des Tumors
L.K. = langer Kollimator
M.K. = mittlerer Kollimator
K.K. = kurzer Kollimator

T.d.T.	Nulleffekt bei			Ergebnis in % bei		
	L.K.	M.K.	K.K.	L.K.	M.K.	K.K.
0	837	3760	3289	19.5	71	42.5
0.5	668	2890	2319	15.6	54	29.5
1.0	536	2030	1655	12.5	38	21
1.5	456	1430	1196	9.4	27	15.5
2.0	352	820	1075	8.3	16	12.9
2.5	312	500	571	7.3	9.5	7.4

Die Messungen ergeben die gleichen Ergebnisse wie die vorherigen Versuche. Bei Herabsetzung der Tumoraktivität läßt die Impulsausbeute nach. Nur noch bis 2.5 cm Herdtiefe ist der Tumor meßbar.

Prozentuale Tiefendosiskurve mit J-125 im Tumor mit Umgebungsaktivität ohne Knochen

Messungen mit Umgebungsaktivität
Vergleichsmessungen mit langem-mittlerem-kurzem Kollimator
(Tumoraktivität zur Umgebungsaktivität 3 : 1)



Messungen mit Umgebungsaktivität und Al. von 5 mm Dicke.
Tumoraktivität : Umgebungsaktivität = 4 : 1

Messungen ohne Vorlage	Mess. mit Al. von 5 mm Dicke
T.d.T.	Impulswerte in % bei allen Messungen
0 cm	85	14
0.5 cm	73	11
1.0 cm	62	8
1.5 cm	54	5
2.0 cm	37	2

Die Abb.12 zeigt ebenfalls wie bei den letzten Messungen, daß die Tiefendosiskurve ohne Vorlage steiler läuft als die mit Al. von 5 mm Dicke.

Messungen ohne Vorlage	Mess. mit Al. von 5 mm Dicke
T.d.T.	Impulswerte in % bei allen Messungen Tumoraktivität : Umgebungsaktivität 5 : 1
0 cm	99	16
0.5 cm	75	12,5
1.0 cm	64	10.2
1.5 cm	45	6
2.0 cm	34	3.5

Aus der Messung und Kurve geht hervor, daß die Tiefendosiskurve ohne Vorlage steiler verläuft als die mit Al. von 5 mm Dicke (Abb.11).

Prozentuale Tiefendosiskurve mit J-125 im Tumor mit Umgebungsaktivität mit Knochen bzw. Aluminium

Messungen mit Umgebungsaktivität und Aluminium von 5mm Dicke

(Tumoraktivität zur Umgebungsaktivität 5 : 1)

Gemessen mit mittlerem Kollimator

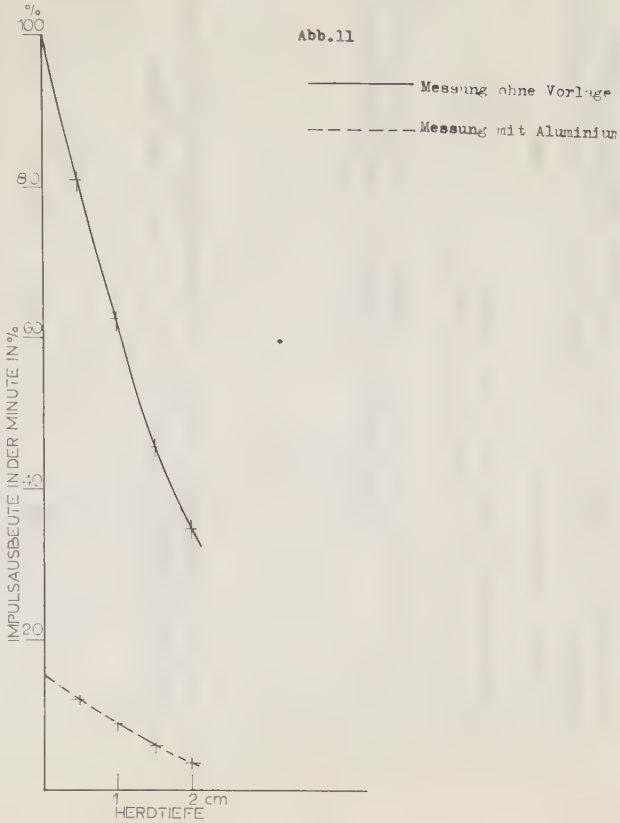


Abb.11

Messung ohne Vorlage

Messung mit Aluminium

Prozentuale Tiefendosiskurve mit J-125 im Tumor mit Umgebungsaktivität mit Knochen bzw. Aluminium

Messungen mit Umgebungsaktivität und Aluminium von 5mm Dicke

(Tumoraktivität zur Umgebungsaktivität 4 : 1)

Gemessen mit mittlerem Kollimator

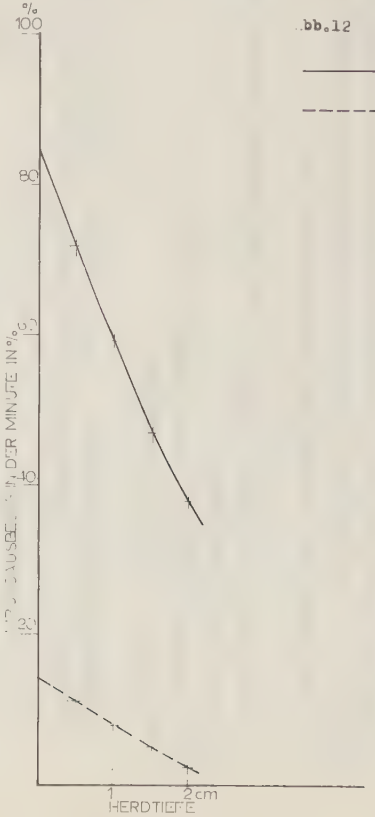


Abb.12

Messungen ohne Vorlage

Messungen mit Aluminium

Tiefendosiskurve mit Jod-125 im Tumor mit Umgebungsaktivität und Vorschaltung von Knochen bzw. Aluminium.

Bei diesen Messungen haben wir einmal den Knochen und zum anderen Mal eine Aluminiumplatte vor den Szintillationszähler gehalten. Wie aus den Ergebnissen, die unten angegeben sind, hervorgeht, entspricht eine Aluminiumplatte von 5 mm Dicke der knöchernen Schädelkalotte.

Messungen mit Umgebungsaktivität und Knochen sowie Aluminium von 5 mm Dicke.
Tumoraktivität zu Umgebungsaktivität = 2 : 1
T.d.T. = Tiefe des Tumors

Messungen ohne Vorlage	mit Knochen	mit Al. 5 mm Dicke
T.d.T.	Impulswerte in % bei allen Messungen	
0	16	6.5	7
0.5	11	3	4.5
1.0	7.5	1.5	1.8

Wie Abb.14 zeigt, hat 5 mm Aluminium und Knochen etwa die gleiche Schwächung. Die Tiefendosiskurve ohne Vorlage läuft jedoch steiler als die anderen.

Nach dieser Messung wurden weitere Messungen, jedoch mit Erhöhung der Aktivität im Tumor mit Al. von 5 mm Dicke als Vorlage vorgenommen.

Messungen mit Al. von 5 mm Dicke
Tumoraktivität zu Umgebungsaktivität = 3 : 1

Messungen ohne Vorlage	Mess. mit Al. von 5 mm Dicke
T.d.T.	Impulswerte in % bei beiden Messungen
0	71	8.5
0.5	54	7
1.0	38	5
1.5	27	3.5
2.0	16	2.1

Die Abb.13 ergibt, daß die Tiefendosiskurve ohne Vorlage steiler verläuft, als die mit Al. von 5 mm Dicke.

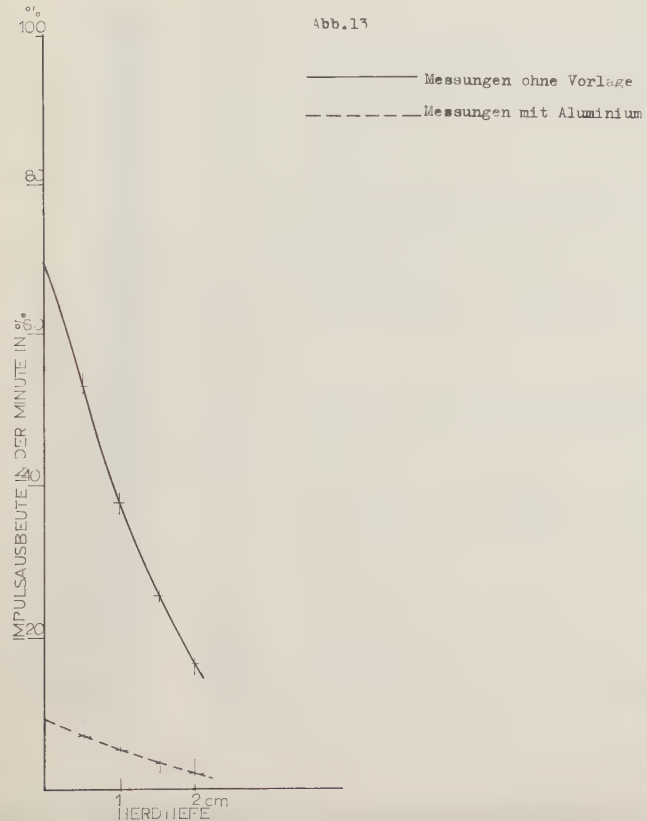
Prozentuale Tiefendosiskurve mit J-125 im Tumor mit Umgebungsaktivität mit Knochen bzw. Aluminium

Messungen mit Umgebungsaktivität und Aluminium von 5mm Dicke

(Tumoraktivität zur Umgebungsaktivität 3 : 1)

Gemessen mit mittlerem Kollimator

Abb.13



——— Messungen ohne Vorlage

– – – – – – Messungen mit Aluminium

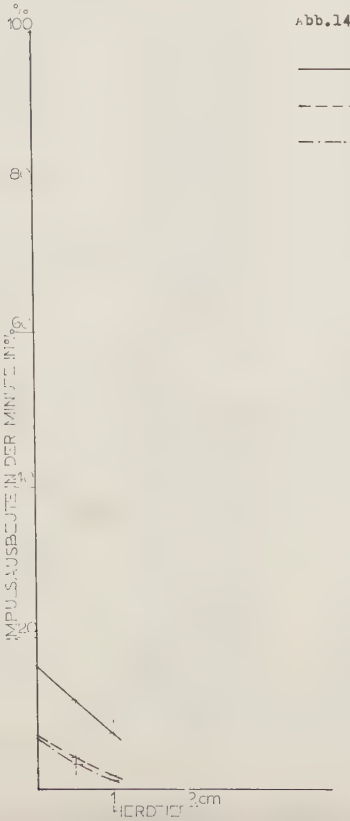
Prozentuale Tiefendosiskurve mit J-125 im Tumor mit Umgebungsaktivität mit Knochen bzw. Aluminium

Messungen mit Umgebungsaktivität und Knochen bzw. Aluminium von 5mm Dicke

(Tumoraktivität zur Umgebungsaktivität 2 : 1)

Gemessen mit mittlerem Kollimator

Abb.14



——— Messungen ohne Vorlage

– – – – – – Messungen mit Aluminium

—·—·—·— Messungen mit Knochen

3. Prozentuale Tiefendosiskurve mit Jod-131 im Tumor mit Umgebungsaktivität ohne Knochen

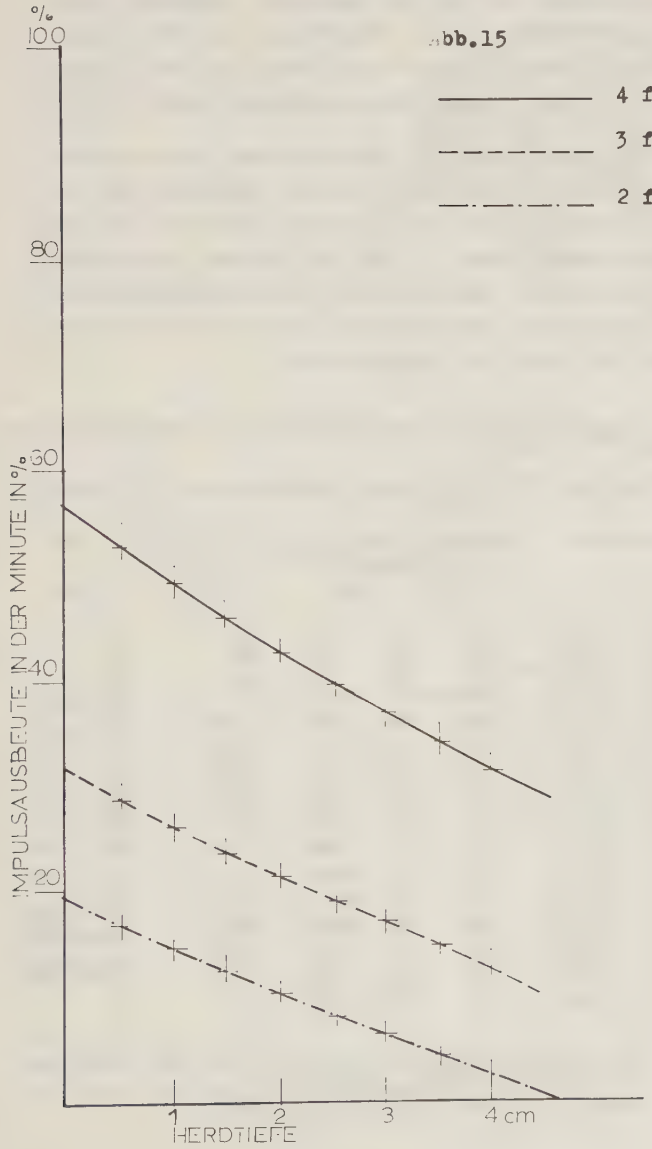
Messungen mit 4-, 3- und 2facher Grundaktivität im Tumor.
T.d.T. = Tiefe des Tumors (Abb.15)

T.d.T.	Nulleffekt bei			Meßergebnisse in % bei		
	4fach	3fach	2fach	4fach	3fach	2fach
0	1259	697	400	57	31.5	21.5
0.5	1179	641	327	53	29	17.5
1.0	1097	621	297	49.5	28	16
1.5	1068	530	246	48	24	13
2.0	993	479	217	45	21.5	11.5
2.5	891	451	171	41	20	9
3.0	836	371	127	38	16.5	6.8
3.5	744	325	72	34	14.5	3.9
4.0	682	265	47	31	12	2.5
4.5	607	211	7	28	9.5	0.8

Die Messungen zeigen, daß bei 4facher Aktivität der Umgebung in 3 cm Tiefe 38% der Aktivität zu messen ist (im Vergleich zu Jod-125, bei dem mit mittlerem Kollimator nur 21% der Aktivität zu messen ist). Die 3 Kurven laufen parallel zueinander.

Prozentuale Tiefendosiskurve mit J-d-131 im Tumor mit Umgebungsaktivität

Messungen mit 4-3-2 facher Grundaktivität im Tumor



4. Messungen am Schädelphantom mit Tabellen- und Schädelschema

Bei diesen Messungen wurde ein runder Ball (Ø 4 cm) als Tumorphantom genommen und in der umgekehrt aufgestellten Schädelkalotte an einem Lineal aufgehängt. Der Ball und die Schädelkalotte wurden mit Jod-125-markiertem Serumalbumin, jedoch in verschiedener Konzentration, aufgefüllt.

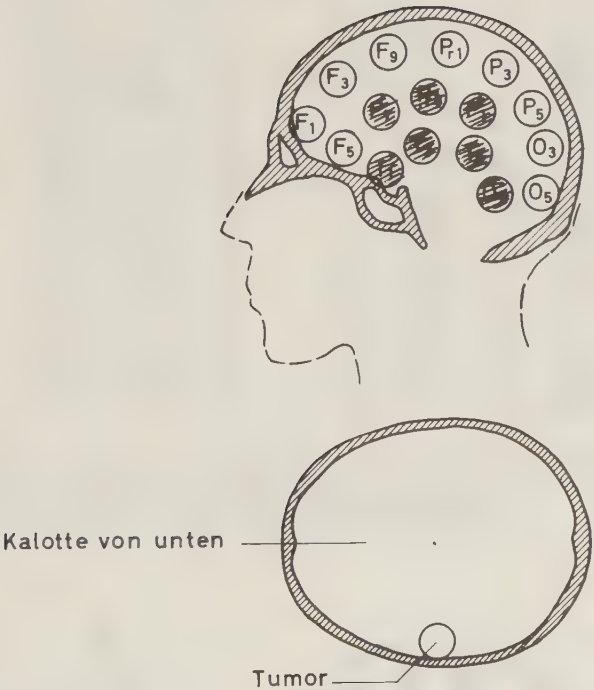
Wir haben unsere Messungen mit verschiedenen Aktivitätsverhältnissen zwischen dem Tumor und der Umgebung und in verschiedenen Tiefen durchgeführt. Dabei zeigte sich, daß bei Aktivitätsverhältnissen 2:1 und 3:1 keine brauchbare Lokalisation des Tumors möglich ist. Um bessere Ergebnisse zu erzielen, wurden die Messungen mit höheren Aktivitätsverhältnissen (4:1 und 5:1) vorgenommen.

Messungen mit Verhältnissen: Grundaktivität : Tumoraktivität
4 : 1

A. Tumor am Knochen auf der linken Schädelseite (s.Schema)

Impulse pro Minute				Rechts-links-Differenz			R.L.D. in %		
rechts		links		rechts	links		rechts	links	
F2	815	F1	884	F2	F1	69	F2	F1	8
F4	1618	F3	1735	F4	F3	117	F2	F3	7
F6	978	F5	1031	F6	F5	53	F6	F5	5
F8	1447	F7	4445	F8	F7	3298	F8	F7	227
F10	2841	F9	2986	F10	F9	145	F10	F9	5
Pr2	1586	Pr1	1690	Pr2	Pr1	104	Pr2	Pr1	6
Pr4	1584	Pr3	11104	Pr4	Pr3	9520	Pr4	Pr3	601
P2	1620	P1	7760	P2	P1	6140	P2	P1	379
P4	1831	P3	1962	P4	P3	131	P4	P3	7
P6	2275	P5	2461	P6	P5	186	P6	P6	8
T2	1258	T1	7028	T2	T1	5770	T2(T2)	T1	458
T4	1259	T3	15015	T4	T3	13756	T4	T3	1092
T6	1269	T5	5639	T6	T5	4377	T6	T5	346
02	1010	01	1509	02	01	499	02	01	49
04	1624	03	1910	04	03	286	04	03	17
06	1000	05	1040	06	05	40	06	05	4

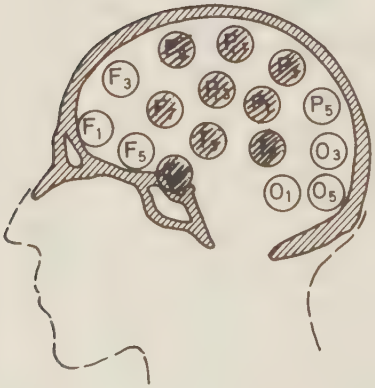
Beurteilung: Die unterstrichenen Zahlen geben die Höhe der rechts-links-Impulsdifferenz und damit die Tumorlokalisation an (s.Schema).

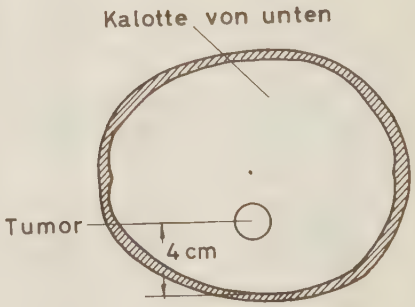

F9
Pr1
F3
P3
P5
F1
F5
O3
O5
Kalotte von unten
Tumor

B. Tumorzentrum in der Mitte zwischen Schädelknochen und Mitte der Schädelkalotte (s.Schema)

Impulse pro Minute				Rechts-links-Differenz			R.L.D. in %		
rechts		links		rechts	links		rechts	links	
F2	1941	F1	2184	F2	F1	243	F2	F1	12
F4	3542	F3	3607	F4	F3	65	F4	F3	7
F6	1940	F5	2031	F6	F5	91	F6	F5	4
F8	3795	F7	6284	F8	F7	2488	F8	F7	65
F10	4321	F9	5132	F10	F9	811	F10	F9	18
Pr2	4525	Pr1	6724	Pr2	Pr1	2199	Pr2	Pr1	48
Pr4	3985	Pr3	9554	Pr4	Pr3	5569	Pr4	Pr3	139
P2	4116	P1	5587	P2	P1	1471	P2	P1	35
P4	3899	P3	5886	P4	P3	1987	P4	P3	50
P6	3799	P5	4453	P6	P5	654	P6	P5	17
T2	2467	T1	4990	T2	T1	2523	T2	T1	102
T4	2867	T3	6280	T4	T3	2413	T4	T3	119
T6	3288	T5	4204	T6	T5	916	T6	T5	27
02	2892	01	2184	02	01	292	02	01	15
04	3271	03	3549	04	03	278	04	03	8
06	1925	05	2175	06	05	250	06	05	12

Beurteilung: Die Punkte: F7, F9, Pr1 , Pr3, P1, P3, T1, T3 und T5 zeigen höhere Impulswerte gegenüber den symmetrisch liegenden Punkten, an Hand dieser Differenz wird der Tumor lokalisiert (s.Schema).



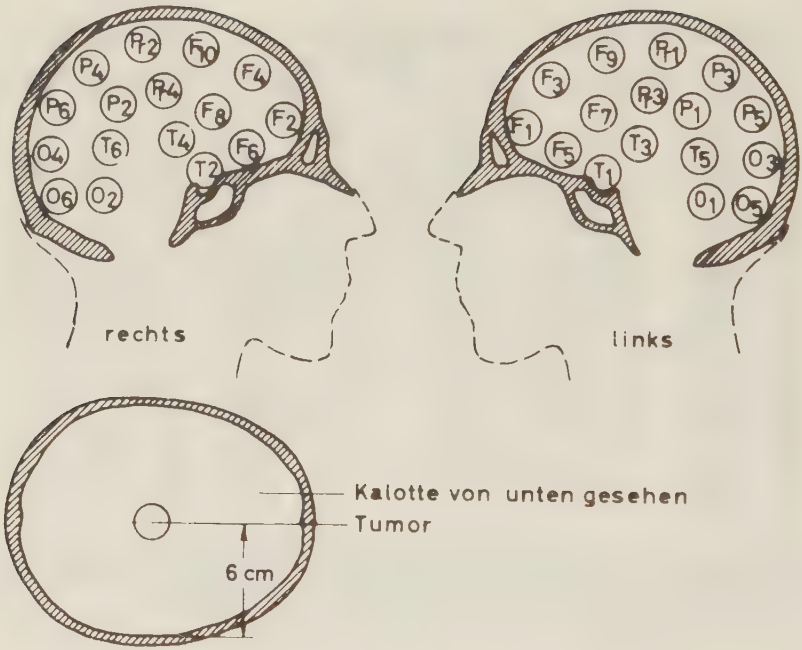


C. Tumorzentrum in der Mitte der Schädelkalotte (s.Schema)

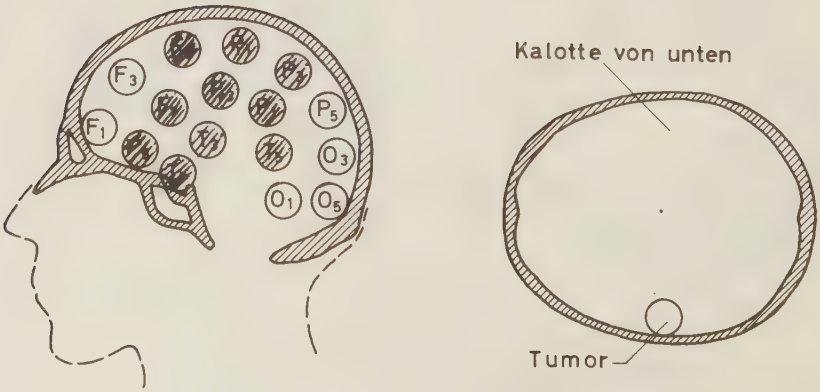
Impulse pro Minute				Rechts-links-Differenz				R.L.D. in %			
rechts		links		rechts		links		rechts		links	
F2	1947	F1	2017	F2		F1	43	F2		F1	2
F4	4999	F3	4399	F4	600	F3		F4	14	F3	
F6	2432	F5	2035	F6	397	F5		F6	18	F5	
F8	5427	F7	4869	F8	0658	F7				F7	
F10	6647	F9	6331	F10	316	F9		F10	6	F9	
Pr2	5286	Pr1	4250	Pr2	1036	Pr1		Pr2	24	Pr1	
Pr4	3678	Pr2	4072	Pr4		Pr3	394	Pr4		Pr3	
P2	2375	P1	2641	P2		P1	466	P2			
P4	1671	P3	2069	P4		P3	398	P4		P3	49
P6	2122	P5	1840	P6	282	P5				P5	
T2	3467	T1	4048	T2		T1	581	T2			
T4	1827	T3	2122	T4		T3	0295	T4			
T6	1779	T5	1836	T6		T5	57	T6		T5	3
02	1555	01	1384	02	171	01		02	13	01	
04	1680	03	1779	04	1	03		04		03	
06	1259	05	1091	06	168	05		06	16	05	

Beurteilung: Keine verwendbare Seitendifferenz; Tumorlokalisation nicht möglich (s.Schema).

Zu S.45:


Fp2
F10
P4
F4
R4
P6
P2
F8
F2
O4
T6
T4
F6
T2
O6
O2
rechts
F9
R1
P3
F3
R3
F7
P1
P5
F1
F5
T3
T5
O3
T1
O1
O5
links
Kalotte von unten gesehen
Tumor
6 cm

Zu S.47:


F3
F1
P5
O3
O1
O5
Kalotte von unten
Tumor

Messungen mit Verhältnissen: Grundaktivität : Tumoraktivität
5 : 1

A. Tumor am Knochen, auf der linken Schädelseite (s.Schema)

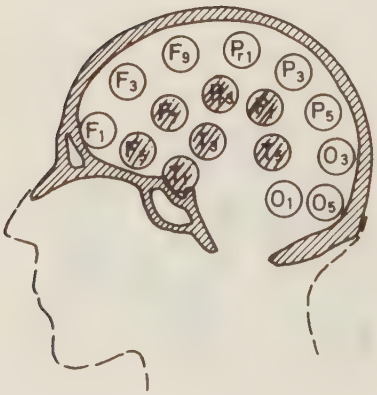
Impulse pro Minute				Rechts-links-Differenz			R.L.D. in %		
rechts		links		rechts	links		rechts	links	
F2	1155	F1	1210	F2	F1	55	F2	F1	4
F4	2176	F3	2335	F4	F3	159	F4	F3	8
F6	1232	F5	1531	F6	F5	299	F6	F5	24
F8	2281	F7	7778	F8	F7	5497	F8	F7	248
F10	2440	F9	4217	F10	F9	1777	F10	F9	72
Pr2	2928	Pr1	6292	Pr2	Pr1	3364	Pr2	Pr1	116
Pr4	3104	Pr3	16231	Pr4	Pr3	13127	Pr4	Pr3	427
P2	2221	P1	2934	P2	P1	713	P2	P1	32
P4	2555	P3	4111	P4	P3	1556	P4	P3	60
P6	2164	P5	2480	P6	P5	316	P6	P5	14
T2	2203	T1	7282	T2	T1	5079	T2	T1	230
T4	1858	T3	21468	T4	T3	19628	T4	T3	1057
T6	2449	T5	5633	T6	T5	3184	T6	T5	150
02	1325	01	1325	02	01	136	02	01	10
04	1961	03	2219	04	03	258	04	03	13
06	1121	05	1221	06	05	100	06	05	8

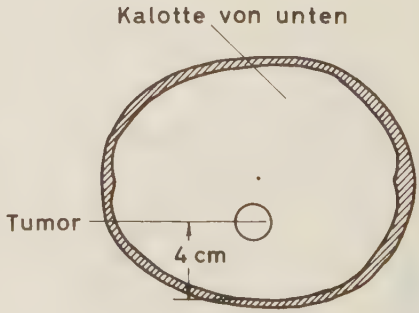
Beurteilung: An Hand höherer rechts-links-Differenz (unterstrichene Zahlen) wird der Tumor lokalisiert (s.Schema).

B. Tumorzentrum in der Mitte zwischen Schädelknochen und Mitte der Schädelkalotte (s.Schema)

Impulse pro Minute				Rechts-links-Differenz			R.L.D. in %		
rechts		links		rechts	links		rechts	links	
F2	1153	F1	1323	F2	F1	170	F2	F1	14
F4	3146	F3	3744	F4	F3	598	F4	F3	19
F6	1394	F5	2345	F6	F5	951	F6	F5	68
F8	2203	F7	8521	F8	F7	6318	F8	F7	286
F10	3677	F9	4190	F10	F9	513	F10	F9	13
Pr2	3424	Pr1	4104	Pr2	Pr1	680	Pr2	Pr1	19
Pr4	1775	Pr3	9431	Pr4	Pr3	7656	Pr4	Pr3	431
P2	1744	P1	6027	P2	P1	4283	P2	P1	245
P4	2245	P3	2419	P4	P3	174	P4	P3	7
P6	1945	P5	2120	P6	P5	175	P6	P5	8
T2	2214	T1	6520	T2	T1	4306	T2	T1	194
T4	1464	T3	7044	T4	T3	5580	T4	T3	301
T6	1445	T5	3538	T6	T5	2093	T6	T5	144
02	1148	01	1344	02	01	192	02	01	16
04	1462	03	1734	04	03	272	04	03	18
06	1193	05	1275	06	05	82	06	05	6

Beurteilung: Auf Grund höherer Impuls-Differenz im Prozent (unterstrichene Zahlen) wird der Tumor lokalisiert (s.Schema).

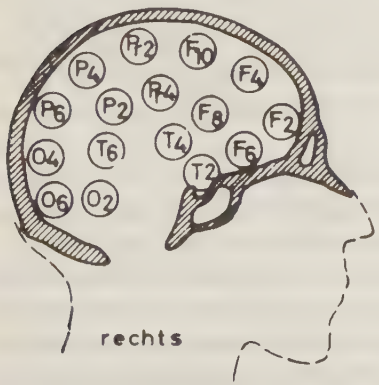


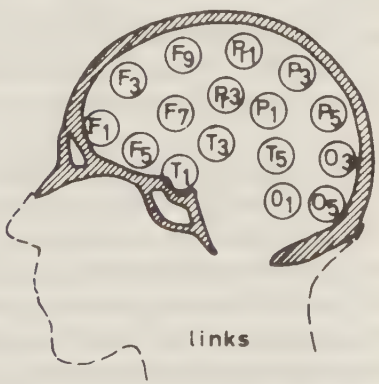


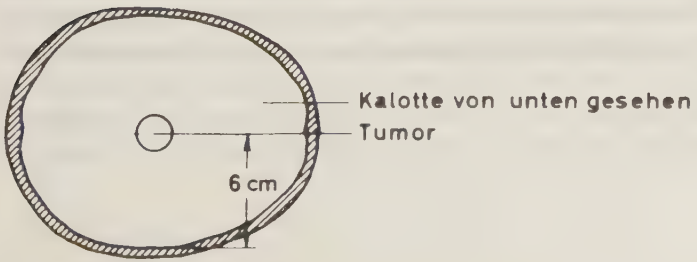
C. Tumorzentrum in der Mitte der Schädelkalotte (s.Schema)

Impulse pro Minute				Rechts-links-Differenz				R.L.D. in %			
rechts		links		rechts		links		rechts		links	
F2	1751	F1	1916	F2		F1	165	F2		F1	9
F4	3679	F3	4134	F4		F3	455	F4		F3	12
F6	1990	F5	1907	F6	83	F5		F6	4	F5	
F8	4728	F7	4474	F8	254	F7		F8	5	F7	
F10	7139	F9	6824	F10	1115	F9		F10	18	F9	
Pr2	7309	Pr1	7645	Pr2		Pr1	336	Pr2		Pr1	4
Pr4	5369	Pr3	5024	Pr4	345	Pr3		Pr4	6	Pr3	
P2	3919	P1	3615	P2	304	P1		P2	8	P1	
P4	4999	P3	4935	P4	64	P3		P4	0.2	P3	
P6	3983	P5	3508	P6	475	P5		P6	13	P5	
T2	2921	T1	2951	T2		T1	30	T2		T1	1
T4	3450	T3	3637	T4		T3	187	T4		T3	5
T6	3284	T5	3216	T6	68	T5		T6	2	T5	
O2	2749	O1	1959	O2	790	O1		O2	40	O1	
O4	3277	O3	3160	O4	117	O3		O4	3	O3	
O6	1930	O5	1325	O6	605	O5		O6	31	O5	

Beurteilung: Da keine verwertbare Impulsdifferenz vorhanden ist, ist Tumorlokalisation nicht möglich (s.Schema).







IV. Besprechung der Meßergebnisse

Bei den experimentellen Untersuchungen zur Frage der Brauchbarkeit von Jod-125-Albumin zur Gamma-Encephalographie wurden folgende 4 große Gruppen von Phantomuntersuchungen meßtechnisch angegangen:

1. Messungen des Jod-125 Impulsrate an der Oberfläche eines Wasserphantoms bei simulierten Tumoren verschiedener Größen, wobei lediglich der Tumor Radiojod enthielt. Diese Untersuchungen wurden verglichen mit Jod-131-Messungen.

2. Messungen im Wasserphantom, bei denen neben der Aktivität im simulierten Tumor noch eine Umgebungsaktivität zugefügt wurde im Verhältnis von 1 : 5, 1 : 4 und 1 : 3 zur Aktivität des Tumors.

3. Messungen im Tumorphantom, wie oben, mit Umgebungsaktivität bei Vorschaltung einer Knochenlamelle bzw. eines knochenäquivalenten Materials.

4. Messungen am Schädelphantom, bei dem der Tumor in verschiedenen Tiefen eines knöchernen Schädels bei verschiedener Umgebungsaktivität getan wurde.

Zu 1: Bei Messungen mit einem simulierten Tumor von der Größe 6 cm, 4 cm und 3 cm im Ø und einer Aktivität von 0,5 Mikrocurie wurde der Tiefendosisverlauf bestimmt. Die prozentuale Tiefendosiskurve ist bei Jod-125 sehr steil und weist eine Halbwärtsschicht in H_2O je nach verwandten Tumor von etwa 1,5 bis 2 cm auf. Am steilsten ist der Tiefendosisverlauf bei dem kleinen Tumor, während der große Tumor am flachsten verläuft. Die verschiedenen Kollimatoren zeigen einen nur geringen unterschiedlichen Tiefenimpulsverlauf.

Dagegen ist die prozentuale Tiefendosiskurve gemessen mit 0,5 Mikrocurie Jod-131 wesentlich flacher. Hier haben wir eine Gewebshalbwertstiefe von etwa 3 - 4 cm je nach Größe des Tumorphantoms. Dabei sind die 100% immer auf die Oberfläche bezogen.

Zu 2: Wenn eine gewisse Umgebungsaktivität simuliert wird, so zeigt sich ein anderer Verlauf der prozentualen Tiefendosiskurve. Jetzt ist eine deutliche Abhängigkeit vom Kollimator und von der Größe des Tumorphantoms festzustellen. Dabei wurde die an der Oberfläche gemessene Gesamtimpulsrate Tumor und Umgebungsaktivität = 100% gesetzt und dann die Umgebungsaktivität durch eine getrennte Messung ohne Tumor abgezogen, so daß jetzt der reine tumorbedingte Impulsratenzuwachs in % anzugeben ist. Der mittlere, konische Kollimator zeigt mit einer gewissen Fokusierungswirkung die höchsten Impulsraten, allerdings auch einen steilen Impulsabfall, während der lange Kollimator, der mit einem größeren Kristalloberflächenabstand mißt, eine entsprechend flache Kurve. Bei der Umgebungsaktivität von 5 : 1 läßt sich das große und das mittlere Tumorphantom noch gut messen, während beim kleinen Tumorphantom die Impulsraten auf 40% und weniger absinken.

Bei der Umgebungsaktivität 1 : 4 ist auch noch ein deutlicher Tumoreffekt zu messen. Und auch bei einer Umgebungsaktivität 1 : 3 wird mit dem mittleren Kollimator noch an der Oberfläche etwa 70% gemessen.

Die Untersuchungen ergeben also, daß im Wasserphantom auch mit einer Umgebungsaktivität von 1 : 3 mit dem mittleren Kollimator noch gute Meßergebnisse erzielt werden können, gegenüber den Jod-131-Werten ist jedoch wieder der Kurvenverlauf entsprechend flacher, aber auch hier ist bei einer Umgebungsaktivität von 1 : 5 nur eine Impulsrate an der Oberfläche von 55%, bei 1 : 4 von 30% und bei 1 : 3 von 20% zu messen. Dies zeigt, daß das Jod-125 bei diesen Messungen lediglich durch den Tiefenverlauf ungünstiger abschneidet.

Zu 3: Wenn eine Knochenlamelle oder ein knochenäquivalentes Aluminiumstück zwischen dem im Wasserphantom gelegenen Tumor und dem Szintillationskristall zwischengeschaltet wird, ergeben sich völlig andere Impulsverläufe im Wasserphantom. Die Impulsraten sinken im allgemeinen auf Werte unter 20% ab, so daß hier die Messung stark erschwert ist. Dieses Ergebnis ließ bezweifeln, ob mit Jod-125 im Schädel überhaupt geeignet Tumoren noch nachweisbar sind oder nicht. Aus diesem Grunde wurde die vierte Gruppe von Messungen am Schädelphantom durchgeführt.

Zu 4: Die Messungen am Schädelphantom wurden mit einer dem Verhältnis der Grundaktivität von 1 : 4 bzw. 1 : 5 vorgenommen, da sich bei Messungen mit Aktivitätswerten von 1 : 2 und 1 : 3 keine brauchbaren Werte ergeben hatten. Bei diesen Messungen wurde der Herd in der Tiefe bis zur Mittellinie variiert. Die Ergebnisse zeigen, daß der Tumorherd bis zu einer Tiefe von etwa 4 cm von der Oberfläche noch gut lokalisiert werden kann. Lediglich Messungen im Bereiche der Mittellinie lassen keine Lokalisation mehr zu. Die Lokalisation ist sowohl mit dem Aktivitätsverhältnis von 1 : 5 als auch 1 : 4 durchführbar. Bei Tumoren, die tiefer als 4 cm liegen, ist eine genaue Lokalisation wegen der geringen Links-rechts-Differenz nicht mehr möglich.

1. Nach diesen Untersuchungen am Schädelphantom dürfte es also möglich sein, auch am Patienten Tumorlokalisationen mittels Jod-125 durchzuführen und erfolgreich Tumordiagnosen zu stellen. Die Praxis hat gezeigt, daß dies durchaus möglich ist.

2. Die hier gewählten Aktivitätsverhältnisse Tumor und Umgebung liegen also für praktische Zwecke sicher sehr niedrig. Genaue Angaben bei Menschen sind bisher nicht zu erhalten gewesen. Die experimentellen Untersuchungen von MATJU und MOLINARO haben ergeben, daß das Verhältnis der

Tumoraktivität und Umgebungsaktivität bei der Ratte 17 : 1, bei Mäusen 3 bis zu 33 : 1 besteht. Demnach ist anzunehmen, daß auch bei den menschlichen Hirntumoren ein wesentlich günstigeres Aktivitätsverhältnis vorliegt als hier in den Phantommessungen simuliert wurde.

Die hier aufgeführten Meßergebnisse rechtfertigen also die klinische Anwendung des Jod-125 für die Gamma-Encephalographie, über deren Ergebnisse das nächste Kapitel berichten soll.

Zusammenfassung der Meßergebnisse und Beurteilung

1. Aus den Meßergebnissen geht hervor, daß ein Herd, der auf Grund seiner örtlichen Permelitätsstörungen mehr radioaktives Jod als die Umgebung aufnimmt und zwar im Verhältnis 1:3, bis zu einer Tiefe von 3-4 cm zu erfassen ist.

2. Gegenüber dem Impulstiefenverlauf von Jod-131 ist der Impulsverlauf von Jod-125 wesentlich steiler. Die Halbwärtsschicht ist für Jod-125 etwa 1 1/2 cm, für Jod-131 bei unseren Messungen etwa 3-4 cm groß.

3. Der mittlere Kollimator mit konischer Form ergibt einen gewissen Vokusierungseffekt und dadurch die höchste Impulsausbeute. Demzufolge wurde bei den Untersuchungen am Schädelphantom dieser Kollimator benützt.

   Die experimentellen Untersuchungen und Messungen haben ergeben, daß die Impulsausbeute von der Größe des Herdes abhängig ist, d.h. ein großer Tumor kann von der Schädeloberfläche besser als ein kleiner lokalisiert werden, obwohl beide gleiche Aktivität pro ccm beinhalten.

4. Bei Messungen mit zwischengeschalteter Knochenlamelle wurde befunden, daß bei 80% der Impulse durch diese Knochenschicht absorbiert wird und entsprechend tiefere Impulsraten vorliegen, die es fraglich machten, ob am Schädelphantom noch eine genügende Impulsrate für Lokalisation zur Verfügung steht.

5. Aus diesen Gründen wurden Messungen am Schädelphantom durchgeführt, die bis zu 4 cm bei einer Herdumgebungsaktivität von 5:1 und 4:1 noch eine gute Lokalisation ergaben.

V. Klinischer Teil mit Untersuchungen

Nach den Ergebnissen der Phantommessungen entschlossen wir uns, das Gamma-Encephalogramm mit Jod-125-markiertem Serumalbumin klinisch zu erproben. Wie früher besprochen, wurden alle klinischen Untersuchungen mit mittlerem konischem Kollimator, der am meisten Impulsausbeute erbringt, durchgeführt.

Wir haben insgesamt 46 Gamma-Encephalogramme mit Jod-125 durchgeführt. 5 wurden mit Jod-131 kontrolliert und erbrachten völlig gleiche Ergebnisse in der Lokalisation. Wir berichten über die einzelnen Fälle.

A. Patienten mit histologisch oder operativ gesichertem Tumor

1. Erika, 41 j.alt

   Klin.Befund: Kopfschmerz, Erbrechen, Benommenheit.
   Klin.Diagnose: Malign. entartetes Astrocytom links.
   Angiographie: Rechtsverlagerung d.A.cerebri anterior und eine Medialwärtsverlagerung d.A.cerebri media mit ihren Ästen.
   GEG Befund mit Jod-125: Deutliche Aktivitätsanreicherung auf der li.Seite parietal und temporal.
   GEG Befund mit Jod-131: Sicherer in sagittaler Richtung ziemlich ausgedehnter Herdbefund links parietal.
   Hist.Befund (Probeexcision): Astrocytom mit Zeichen maligner Entartung.

2. Renate, 32 j.alt

   Klin.Befund: Rechtsseitiger Kopfschmerz, Schmerzen im re.Auge, Schwindelanfälle.
   Klin.Diagnose: Gliom vom astrocytären Typ in der li. Großhirnhemisphere.
   GEG Befund: Ausgedehnter Herdbefund links temporal.
   Op.Befund: Der ganze li.Schläfenlappen wurde mit den cystischen gliomatösen Tumor vom astrozytären Typ entfernt.

3. Marie, 50 j.alt

Klin.Befund: Störung des Erkennens, Kopfschmerz vornehmlich im li. vorderen Schädelanteil, Erbrechen, Facialisschwäche li. Mundast.
Klin.Diagnose: Inoperables Glioblastom li.Schläfenhirn.
Angiographie: Der Befund spricht für einen temporo-basalgelegenen Raumverdrängenden Prozeß.
EEG Befund: Mittelgradige, unspezifische Allgemeinveränderung, kein Herdbefund.
GEG Befund: Herdbefund im Bereich des Parietal- und Temporalhirnes li.
Op.Befund: Cystisch degeneratives Glioblastom.

4. Friedrich, 42 j.alt

Klin.Befund: Spastische Hemiparese rechts, ständiger Kopfschmerz.
Klin.Diagnose: Inoperables Astrocytom links.
GEG Befund: Herdbefund temporal, links.
Probeexcision: Inoperables Astrocytom.

5. Rolf, 31 j.alt

Klin.Befund: Kopfschmerz, Krampf der li. Seite.
Klin.Diagnose: Rezidiv ein. Astrozytoms der re.Schläfengegend.
GEG Befund: Das GEG spricht für einen ausgedehnten tiefsitzenden Tumor im Projektionsbereich der hint. frontal- und Präzentralregion rechts.
Op.Befund: Ein großes rechtsseitiges präzentrales "kleinzelliges plasmatisches Astrozytom" wurde entfernt.

6. Manfred, 27 j.alt

Klin.Befund: Mattigkeit und Kopfschmerz.
Klin.Diagnose: Astrocytom re. temporal.
GEG Befund: Ausgedehnter Tumor vom astrozytären Typ re. temporal, der nahe an die Schädeloberfläche heranreicht und nach frontal und parietal reicht.
Hist.Befund: Astrocytom im Bereich des re.Schläfenhirns.

7. Irene, 43 j.alt

Klin.Befund: Nachlassen der Sehkraft li., linkes Auge ist nach außen abgewichen, Schwäche der re.Körperseite, Gangunsicherheit mit Rechtsabweichung.
Klin.Diagnose: Frontobasaler Tumor links.
Angiographie: Verdrängung der A.cerebri anterior nach rechts, frontobasaler Tumor links.
EEG Befund: Unauffälliges EEG.
GEG Befund: Der Befund spricht für einen frontoparietalen Herd links.
Op.Befund: Großes paracelläres Hypophysenadenom, der Sehnerv war im Gegensatz zu anderen Hypophysentumoren von li. nach re. verlagert, wobei sich der Tumor im Winkel zwischen N.Opticus und Traktus Opticus ausbreitet.

B. Patienten mit klinisch gesichertem Tumor (arteriographisch)

1. Emma, 52 j.alt

Klin.Befund: Sehstörungen am re.Auge, Euphorische Enthemmung, geringe Linksbetonung der Muskeleigenreflexe am Arm.
Klin.Diagnose: Frontobasaler Tumor rechts.
Angiographie: Großer fronto, wahrscheinlich frontobasaler Tumor (Glioblastom).
EEG Befund: Herdbefund über vorderen Ableitungspunkten rechts intensiver als links.
GEG Befund: Ein tiefliegender frontaler Herd ist anzunehmen.

2. Amalie, 52 j.alt

Klin.Befund: Schmerzen im re.Augapfel, Reflexbetonung links, Abweichung des Ganges nach links.
Klin.Diagnose: Hirntumor rechts.
Angiographie: Gefäßreicher raumverdrängender Prozeß an der hint. Schädelgrube rechts.
EEG Befund: Herdverdacht parietal rechts.
GEG Befund: Herdverdacht fronto-parietal rechts.

3. Bernhard, 59 j.alt

Klin.Befund: Parese des li. Mund- und Stirnastes des N.Facialis, Hörvermögen bds. abgeschwächt.
Klin.Diagnose: Metastase ein. unbekannten Tumors.
Angiographie: 3 Hirntumoren, einer im Diencephalon, der 2. temporal, der 3. parietooccipital.
EEG Befund: Leichter Herdbefund re. parietal.
GEG Befund: Ausgedehnter maligner Tumor rechts frontotemporal, weitere Herde auch dem Angiogramm nach re. parietal.

4. Karoline, 67 j.alt

Klin.Befund: Schlechtes Sehvermögen, Papillengrenze bds. unscharf, rechter Arm spastisch.
Klin.Diagnose: Tumor cerebri, li. Hemisphere.
Angiographie: Spitzzipfliger Verschluß der A.Carotis beim Eintritt in die Schädelbasis.
EEG Befund: Ausgedehnter Herdbefund parietal li.
GEG Befund: Mit Jod-125: Mehrere sichere scharf begrenzte Herde bds., wobei auch der Verdacht für Tumormetastasen spricht.
GEG Befund mit Jod-131: Konstanter Herdbefund links parietal.

5. Alois, 47 j.alt

Klin.Befund: Schlechtes Sehvermögen, Kopfschmerzen, bitemporale Hemianopsie.
Klin.Diagnose: Schläfenlappentumor rechts.
Angiographie: Tiefer Herdbefund Schläfenlappen.
GEG Befund: Ausgedehnter Tumor re. parietal, der nahe an die Mantelkante heranreicht und die hintere Temporalregion miterfaßt.

6. Thilde, 56 j.alt

Klin.Befund: Stauungspapille, Hemiparese rechts, Fingerzeigeversuch rechts.
Klin.Diagnose: Linksseitiger hochparietalsitzender Hirntumor.
Angiographie: Herdbefund parieto-temporal li.
EEG Befund: Kein Herdbefund.
GEG Befund: Ausgedehnter Herdbefund li. parietal.

7. Sussana, 68 j.alt

Klin.Befund: Cerebral organisch generalisierte Anfälle.
Klin.Diagnose: Hirntumor rechts temporal.
Angiographie: Rechtsseitiger raumfordernder Prozeß re. temporal.
GEG Befund: Herdbefund re. fronto-temporal.

8. Ernst, 45 j.alt

Klin.Befund: Linksseitige Hemiparese, besonders des li. Armes mit einer linksseitigen Reflexverstärkung.
Klin.Diagnose: Glioblastom rechts, hinterer Temporalbereich.
Angiographie: Tumorbefund im hint. Temporalbereich.
EEG Befund: Herdbefund temporal rechts.
GEG Befund: Ausgedehnter tiefliegender Tumor li. in der hint. Temporalregion, Typ: Glioblastom, ein 2.kleinerer Tumor rechts hochparietal entweder ein 2.Tumor oder wahrscheinlich einen hier an die Oberfläche herankommenden Anteil des Haupttumors entsprechend.

9. Berta, 57 j.alt

Klin.Befund: Linksseitige Facialisparese, Erbrechen, Kopfschmerzen.
Klin.Diagnose: Glioblastom re. frontodorsal.
Angiographie: Der Befund spricht für einen Tumor, der rechts von Stirnhirn bis Parietalregion reicht.
EEG Befund: Rechts frontaler Herdbefund.
GEG Befund: Deutlicher Herdbefund frontoparietal rechts, Glioblastom.

10. Rolf, 26 j.alt

Klin.Befund: Kopfschmerzen die beim Beugen des Kopfes und plötzlichem Anheben auftreten, Brechreiz, Divergenzstellung im li.Auge.
Klin.Diagnose: Hirntumor hintere Schädelgrube.
Angiographie: Herdbefund in hint. Schädelgrube.
GEG Befund: Der angiographisch nachgewiesene Tumor ist im GEG nicht zu erfassen.

11. Werner, 25 j.alt

Klin.Befund: Verwaschene Sprache, Spontannystagmus der grobschlägig ist und irregulär, Doppeltsehen, Erbrechen.
Klin.Diagnose: Verdacht auf raumfordernden Prozeß in hint. Schädelgrube.
Angiographie: Der Befund spricht für einen raumfordernden Prozeß in der li. hint. Schädelgrube.
EEG Befund: Sicher pathologisches EEG.
GEG Befund: Herdbefund occipito-temporal links, die Ergebnisse für hint.Schädelgrube sind unsicher.

12. Bernhard, 15 j.alt

Klin.Befund: Sehstörung, bds. bitemporale Gesichtsfeldausfälle, Kopfschmerz, Übelkeit, Zurückbleiben in der Entwicklung.
Klin.Diagnose: Kraniopharyngiom
Angiographie: Deutliche Anhebung der A.cerebri anterior von der Teilungsstelle.
GEG Befund: Keine verwertbare Impulsdifferenz.

13. Dorothea, 42 j.alt

Klin.Befund: Denk- und Erinnerungsschwäche, Facialisparese rechts.
Klin.Diagnose: Verdacht auf Hirnmetastasen nach Mamma-Ca.
Angiographie: Großer raumfordernder Prozeß der li. Hemisphere temporo-parietal.
GEG Befund: Der große Tumor li. frontal ist im GEG nach den ersten zwei Messungen nicht zu erfassen. Ein Metastasen verdächtiger Befund rechts parietal.

14. Martin, 63 j.alt

Klin.Befund: Rechtsseitige Papillenatrophie, homonymer Gesichtsfeldausfall links oben.
Klin.Diagnose: Supracellärer inoperabler Tumor.
Angiographie: Verlagerung des rechten Astes der A.cerebri anterior nach oben.
GEG Befund: Der Nachweis des tiefliegenden Mittellinien-Tumor gelingt nicht.

15. Anna, 58 j.alt

Klin.Befund: Starke Schmerzen im Bereich der Stirn, Erbrechen, Wesensveränderung mit Enthemmung und Logorrhoe.
Klin.Diagnose: Glioblastom rechts temporal.
Angiographie: Ein großes Glioblastom, das bereits inoperabel ist.
EEG Befund: Ausgedehnter Herdbefund über der rechten Hemisphäre mit einem Maximum pariotemporal.
GEG Befund: Sicherer Herdbefund rechts frontotemporal.

16. Friedrich, 58 j.alt

Klin.Befund: Spastische Hemiparese rechts mit Aphasie.
Klin.Diagnose: Hirntumor, Primärtumor unbekannt.
Angiographie: Mit Sicherheit 2 getrennte sich relativ gut anfärbende Tumorbezirke. Einer dürfte weit medial sein, der andere liegt sicher hochparietal, höchstwahrscheinlich Metastase.
GEG Befund: Sicherer ausgedehnter Herdbefund in der linken Präzentral- und hinteren Frontalregion. Die beiden angiographisch nachgewiesenen Tumormetastasen lassen sich hier nicht voneinander trennen. Ein weiterer, wahrscheinlich nicht sehr großer Herd, liegt rechts frontal.

17. Leopold, 55 j.alt

Klin.Befund: Inapetenz, Reizbarkeit, geringe rechts betonte Reflexe.
Klin.Diagnose: Tumor cerebri links frontal.
Angiographie: Glioblastom links frontal.
EEG Befund: Herdbefund frontotemporal links.
GEG Befund: Sicherer Herdbefund links frontal.

18. Adam, 56 j.alt

Klin.Befund: Zunehmende Inapetenz, psychische Veränderungen und Verwirrungszustände.
Klin.Diagnose: Verdacht auf Tumor cerebri.
Angiographie: Der Befund spricht für einen vaskularisierten Tumor paramedian rechts im Bereich des Thalamus Opticus.
EEG Befund: Ein Herd parieto-temporo-occipital rechts.
GEG Befund: Sicherer Herdbefund in der rechten hinteren Temporalregion.

19. Ernst, 59 j.alt

Klin.Befund: Schwindelanfälle, dumpfer Schmerz in der li.Schläfe, rasch zunehmende Vergeßlichkeit.
Klin.Diagnose: Glioblastom li. frontal.
Angiographie: Der Befund spricht für ein Glioblastom links.
GEG Befund: Sicherer Herdbefund links frontal.

20. Hildegard, 41 j.alt

Klin.Befund: Schwäche des rechten Daumenbogens, Störung vor allem der feineren Fingermotilität rechts.
Klin.Diagnose: Hirntumor links occipital.
Angiographie: Verdacht auf einen Herd hochparital evt. im Bereich der Mittellinie.
GEG Befund: Verdacht auf Herd links occipital.

21. Erna, 32 j.alt

Klin.Befund: Rechtsseitige latente Hemiparese, beim Blick zur Seite wird Doppelbild gesehen.
Klin.Diagnose: Inoperabler Hypophysentumor.
Angiographie: Verdacht auf paracellären Tumor.
GEG Befund: Verdacht auf Herd am T3 und O1 links.

22. Ernst, 29 j.alt

Klin.Befund: Taubgefühl an der re., später auch an der li.Körperseite, akute Hörstörung rechts.
Klin.Diagnose: Verdacht auf Hirntumor temporal.
Angiographie: Verlagerung eines Hauptastes d. A.cerebri media und A.choroidea anterior.
GEG Befund: Ausgedehnter Herdbefund rechts temporal.

23. Meinard, 17 j.alt

Klin.Befund: Enthemmung, Kopfschmerz, latente rechtsseitige Hemiparese.
Klin.Diagnose: Mittelhirntumor.
Angiographie: Herdbefund links.
GEG Befund: Kein sicherer konstanter Herdbefund im GEG. Tumordiagnose und Lokalisation nach dem GEG nicht möglich.

24. Marta, 61 j.alt

Klin.Befund: Wesensveränderung, linksseitige Extremitätenparese, Hemianopsie nach links.
Klin.Diagnose: Hirntumor temporal rechts.
Angiographie: Tumorbefund im Versorgungsgebiet der A. choroidea rechts.
GEG Befund: Es finden sich nur schwache Impulsdifferenzen bei O1 links, die geringe Impulsdifferenz reicht für eine Diagnose nicht aus.

25. Alice, 46 j.alt

Klin.Befund: Rechts beginnende generalisierte Krampfanfälle, nur geringe Reflexdifferenz.
Klin.Diagnose: Rechts beginnende generalisierte Krampfanfälle.
Angiographie: Ein fraglicher pathologischer Befund hochparietal.
EEG Befund: Kein sicherer Herdbefund.
GEG Befund: Verdacht auf einen parietalen Herd rechts.

C. Patienten mit nicht gesichertem Tumorbefund

1. Josef, 51 j.alt

Klin.Befund: Stauungspapille links, linker Facialismundast leicht paretisch, Eigenreflexe an Armen und Beinen sehr lebhaft.
Klin.Diagnose: Rechtsseitiger fronto-parietaler Tumor.
GEG Befund: Herdbefund rechts frontal. Verdacht auf einen kleineren Herd in der hinteren Parietalregion rechts.

2. Elsa, 53 j.alt

Klin.Befund: Amaurosis links, Kopfschmerzen, Exophthalmus links.
Klin.Diagnose: Retrobulbäre Metastasen nach Parotis Ca. links und Metastasen in mittlerer Schädelgrube.
Angiographie: Kein Anhalt für einen raumbeengenden Prozeß.
GEG Befund: Der Befund spricht für einen Tumor links, frontotemporal, basalgelegen.

3. Agnes, 51 j.alt

Klin.Befund: Beidseitige Stauungspapille, Kopfschmerz, Brechreiz.
Klin.Diagnose: Verdacht auf Hypophysentumor.
Angiographie: Kein Herdbefund.
GEG Befund: Verdacht auf Herd rechts frontal.

4. Anni, 56 j.alt

Klin.Befund: Doppelbilder, Pupillen beidseits eng, rechts etwas weiter als links. Bauchdeckenreflexe rechts abgeschwächt.
Klin.Diagnose: Hirntumor.
GEG Befund: Kein sicherer Herdbefund.

5. Anneliese, 28 j.alt

Klin.Befund: Linksseitige Facialisparese und spastische Hemiparese.
Klin.Diagnose: Verdacht auf Hirntumor.
Angiographie: Normales Angiogramm.
GEG Befund: Kein sicherer Herdbefund.

6. Erika, 13 j.alt

Klin.Befund: Amaurosis links ohne Reaktion auf Licht oder Konvergenz, Stirnrunzeln ist re. unmöglich. Re. Mundwinkel hängt etwas nach unten.
Kl.Diagnose: Clivuschordom.
EEG Befund: Keine verwendbare Seitendifferenz, keine Krampfpotential.
GEG Befund: Sicher pathologisches GEG aber kein charakteristischer Tumorbefund.

7. Anna, 54 j.alt

Klin.Befund: Kopfschmerz.
Klin.Diagnose: Verdacht auf Hirnmetastasen nach Mamma-Ca.
GEG-Befund: Verdacht auf Herd rechts frontal.

8. Adolf, 53 j.alt

Klin.Befund: Stirnkopfschmerzen.
Klin.Diagnose: Verdacht auf Hirnmetastasen nach Bronchial-Ca.
GEG Befund: Kein Tumorbefund im GEG.

9. Manfred, 35 j.alt

Klin.Befund: Psychisch verändert, allgemeine Schwäche, Arbeitsunfähigkeit.
Klin.Diagnose: Verdacht auf Hirntumor.
GEG Befund: Kein charakteristischer Herdbefund.

10. Anton, 52 j.alt

Klin.Befund: Teilnahmelosigkeit, epileptiforme Krampfanfälle mit Blick nach rechts.
Klin.Diagnose: Metastasierender Hypernephrom, Hirnmetastasen.
GEG Befund: Pathologischer aber kein typischer Tumorbefund.

11. Karl, 53 j.alt

Klin.Befund: Homonyme Hemianopsie nach links, zunehmender Kopfschmerz.
Klin.Diagnose: Inoperabler Hirntumor temporal rechts.
GEG Befund: Kein charakteristischer Herdbefund.

12. Berta, 55 j.alt

Klin.Befund: Abducensparese, Protrusio bilbi, amaurotische Pupillenstarre.
Klin.Diagnose: Mamma-Ca.-Metastasen im Orbita rechts.
EEG Befund: Kein Herdbefund.
GEG Befund: Normales GEG.

13. Sussane, 34 j.alt

Klin.Befund: Kopfschmerz, Nachlassen des Sehvermögens.
Klin.Diagnose: Hirnmetastasen nach unbekannten Tumor.
GEG Befund: Keine diagnostische Aussage möglich.

14. Luise, 65 j.alt

Klin.Befund: Zentrale Facialisparese. Die Reflexe sind rechts betont.
Klin.Diagnose: Hirnmetastasen nach Mamma-Ca. links.
EEG Befund: Kein sicherer Herdbefund.
GEG Befund: Tumormetastasen links frontobasal und sehr wahrscheinlich rechts parietal.

D. Besprechung der klinischen Untersuchungen

Bei 46 Patienten wurde eine GEG vorgenommen. Bei 32 Patienten war der Hirntumor klinisch (durch Arteriographie oder Operation) oder autoptisch gesichert. 24 Pat. konnten mit GEG mit Jod-125 übereinstimmend lokalisiert werden. Unter den 8 nicht geklärten Fällen befanden sich 2 supracelläre Tumoren, 1 Clivuschordom, 1 Craniopharyngiom, 1 Kleinhirntumor und 1 Tumor des 4.Ventrikels. Diese Tumorlokalisationen liegen ebenfalls für das GEG mit Jod-131 jenseits der Möglichkeit, da sie in der Mittellinie liegen und keine spezifische Impulsdifferenz ergeben können bzw. im Occipitalbereich der umgebenden Muskulatur eine zu hohe Aktivität einstreut. Es bleiben also lediglich 2 Tumoren, die nicht eindeutig mit Jod-125 GEG geklärt werden konnten. Bei dem einen handelte es sich um eine arteriographisch festgestellte Hirnmetastase im Frontalhirn, bei dem anderen ebenfalls um einen arteriographisch festgestellten Tumor des Mittelhirns, übergreifend auf die eine Hemisphäre.

Bei 14 Patienten, bei denen klinisch der Verdacht auf einen Hirntumor oder Metastase bestand, konnte das GEG mit Jod-125 in 5 Fällen einen Herdbefund erbringen.

Durchgeführte GEG mit Jod-125	46	=	100%
Klinisch gesicherte Tumoren	32	=	69%
abzügl. die Mittellinientumoren	26	=	
davon übereinstimmend in der Lokalisation mit GEG	24 (26)	=	91%
Durch GEG nicht erfaßte Fälle	8 (46)	=	
Klinisch fragliche Hirntumoren oder Metastasen	14		
im GEG eindeutiger Herdbefund	5		

Wie bereits früher besprochen, kann mit GEG eine Artdiagnose des Tumors gestellt werden; die verschiedenen Tumore zeigen verschiedenartige Impulsanreicherung, die jeweils für den Tumor typisch ist.

Bei den Astrozytomen kommt es nach der 1.Messung nach 2 Stunden zu einer mäßigen einseitigen Impulserhöhung über der erkrankten Hemisphäre, nach der 2.Messung nach 24 Stunden zeigt sich eine relativ scharf umgrenzte Isotopenanreicherung im Tumorbezirk.

Diese typische Veränderung im GEG haben wir in unseren klinischen Untersuchungen beobachtet: Bei einem 27-jährigen Patient bestand klinisch der Verdacht auf ein Astrozytom. Wir führten ein GEG durch. Dabei zeigte sich nach 2-stündiger Messung eine mäßige Impulserhöhung über der klinisch vermuteten Tumorlokalisation. Nach der 2.Messung zeigte sich eine scharf umgrenzte Aktivitätserhöhung. Wie wir wissen, können die Mittelhirntumore wegen der Mittellage nicht genau im GEG erfaßt werden. Wir haben bei dem Patienten mit klinischem Verdacht auf supracellären Tumor eine Gammaencephalographie gemacht. Nach der 1. und 2.Messung wie erwartet konnte keine sichere Impulsdifferenz und damit eine Tumorlokalisation festgestellt werden.

Bei den intracerebralen Metastasen findet sich erst nach der 2.Messung eine deutliche Aktivitätsanreicherung, die scharf begrenzt nachweisbar ist. Bei einer 65-jährigen Patientin bestand klinisch der Verdacht auf Hirnmetastasen nach Mamma-Ca. Das durchgeführte GEG zeigte eindeutig Metastasenherde frontobasal und rechts parietal scharf begrenzt.

VI. Zusammenfassung der experimentellen und klinischen Ergebnisse mit Schlußfolgerung

Sowohl die experimentellen Untersuchungen am Wasserphantom als auch an den 46 Patienten zeigten, daß das Jod-125 trotz seiner weichen Strahlung zur Hirntumordiagnostik verwendet werden kann. Unsere Untersuchungen ergaben, daß das Jod-125 nicht nur eine gute Lokalisation des Hirntumors ergibt, sondern mit seiner Hilfe auch eine Artdiagnose des Tumors möglich ist.

Damit ist es möglich, die großen Vorteile des weichen Photonenstrahlers Jod-125 gegenüber dem harten γ-Strahler Jod-131 für die Gammaencephalographie zu nutzen. Neben einer 30-50% niedrigeren Strahlenbelastung ergeben sich technisch durch die leichten Aluminiumkollimatoren große Vorteile.

Mittellinientumore können durch die weiche Strahlung von Jod-125 RISA nicht erfaßt werden, allerdings mit der nur bisher üblichen Technik mit Jod-131 RISA auch nicht, so daß dies kein Nachteil für Jod-125 gegenüber Jod-131 ist.

Literaturverzeichnis

1. DELALOYE, B., Introduction à la scintigraphie clinique. Masson, Paris, 1966.

2. DESGREZ, A., C. RAYNAUD, C. KELLERSHOHN, Utilisation des composes mercuriels radioactives pour l'exploration fonctionelle rênale. Congr. de physique nucl. et de med. nucl. Clermont-Ferrand, Juli 1962.

3. GREENLAW, R.H., M. QUAIFE, Retention of Neohydrin ^{203}Hg as determined with a total-body scintillations counter. Radiology 78,970-973, 1962.

4. HENI, NORBERT, **Bedeutung des Jod-125 für die Isotopennephrographie, dargestellt im Vergleich mit Jod-131. Strahleninstitut der Universität Tübingen, 9-14, 1966.**

5. McAFEE, J.G., G.F. FUEGER, The value and limitations of scintillation scanning in the diagnosis of intracranial tumors. Scintillation scanning in clinical medicine von J.L. Quinn. Saunders, Philadelphia, 1964.

6. McAFEE, J.G., H.N. WAGNER, Visualisation of renal parenchyma by scintiscanning with ^{203}Hg-Neohydrin. Radiology 75, 820-821, 1960.

7. MOORE, G., Diagnosis and localisation of braintumors. A clinical and experimental study employing fluorescent and radioactiv tracers methods. Springfield, Illinois, 1953.

8. PEPPER, F.D., Scintillation Scanning in clinical Medicine. Saunders & Co., Philadelphia and London, 1964.

9. PLANIOL, Th., Diagnostic des lésions intra-cranniennes par les radioisotopes. Masson, Paris, 1959.

10. SCHMIDT, C.F., The Cerebral Circulation in Health and Diease. Springfield III, Illinois, 1950.

11. SHY, G.M., BRADLEY, R.B., MATTHEWS, W.B.jun., External Collimation Detection of Intracranial Neoplasia with unstable nuclides, E. & S. Livingstone Ltd., Edinburgh and London, 1958.

12. VETTER, H., U. VEALL, Radioisotopen-Technik in der klinischen Forschung und Diagnostik. Urban & Schwarzenberg, München, 1960.

13. WENDE, S., Technik und Wert der Gamma-Enzephalographie Fortschr. Röntgenstr. 98, 446-476, 1963

Lebenslauf

Am 5.12.1938 wurde ich, Ali Emamzadeh, als Sohn des Mohammed Emamzadeh und dessen Ehefrau Zahra Emamzadeh in Ahwaz/Iran geboren.

Ich besuchte die Volksschule und das Gymnasium in Ahwaz/Iran, wo ich im Jahre 1957 das Abitur machte.

Von 1957 bis 1961 studierte ich an der Medizinischen Fakultät Ahwaz/Iran. Von 1961 bis 1965 setzte ich mein Studium an der Universität Tübingen fort, wo ich im Jahre 1965 das Staatsexamen ablegte.

Nach Beendigung der Medizinalassistentenzeit im Jahre 1967 kam ich nach Augsburg, wo ich seit November 1967 als Assistenzarzt an der I. Chirurgischen Klinik tätig bin.

Druckbüro Frau Elly HUTH, 74 Tübingen